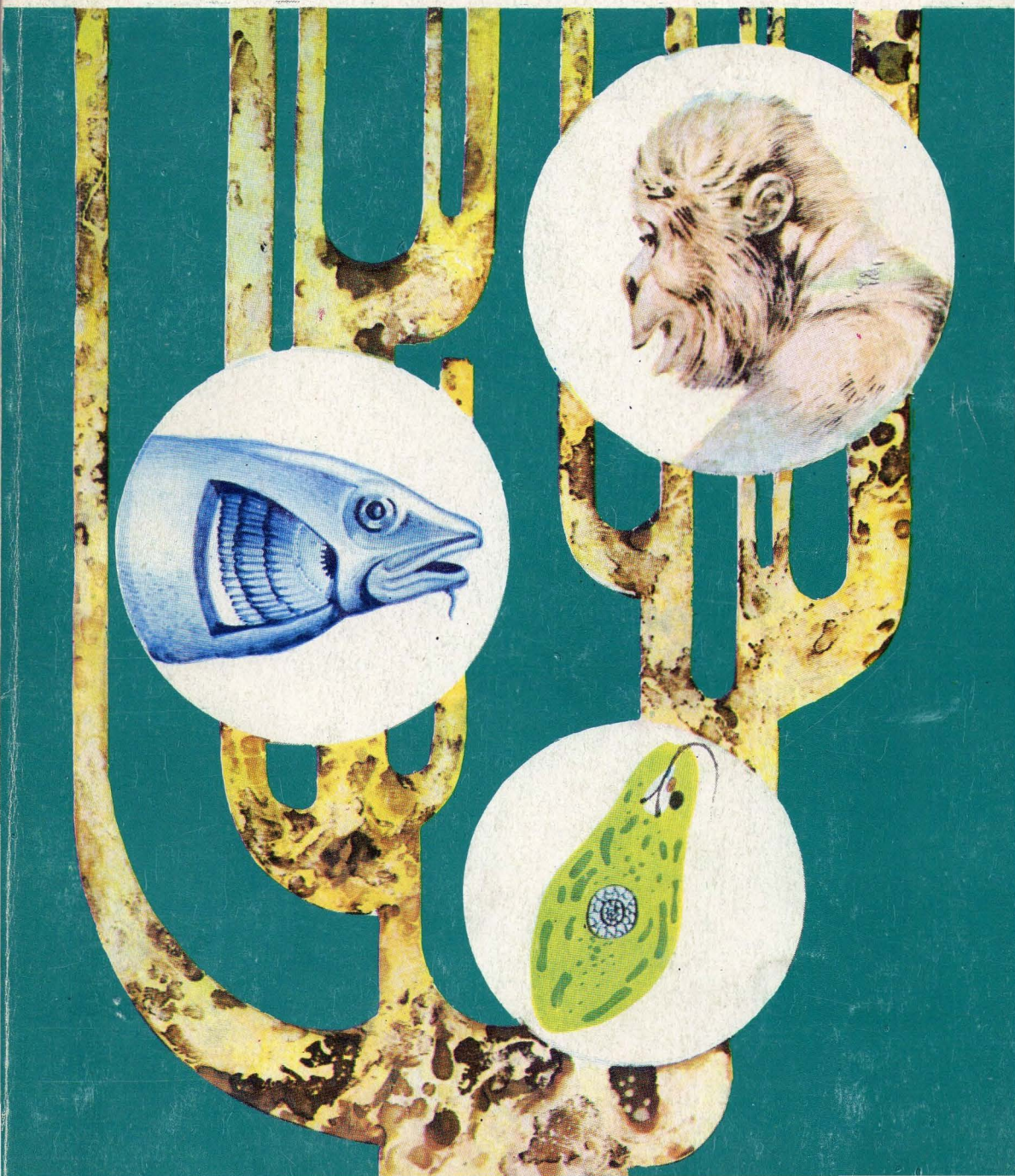
MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI

GH. NĂSTĂSESCU ZOE PARTIN

BIOLOGIE

Manual pentru clasa a X-a



MINISTERUL ÎNVĂȚĂMÂNTULUI

Prof. univ. dr. GH. NĂSTĂSESCU Prof. gr. I. ZOE PARTIN

BIOLOGIE

BIOLOGIE ANIMALĂ

Manual pentru clasa a X-a

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, R.A. – BUCUREȘTI

I. PRINCIPALELE GRUPE DE ANIMALE

– caracterizare generală –

Marea bogăție faunistică a fost ordonată în unități sistematice, xxxx

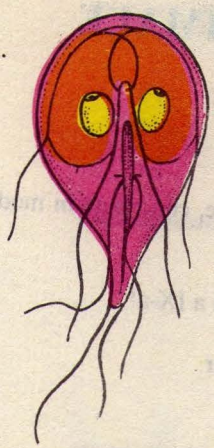


Fig. 1. Giardia.

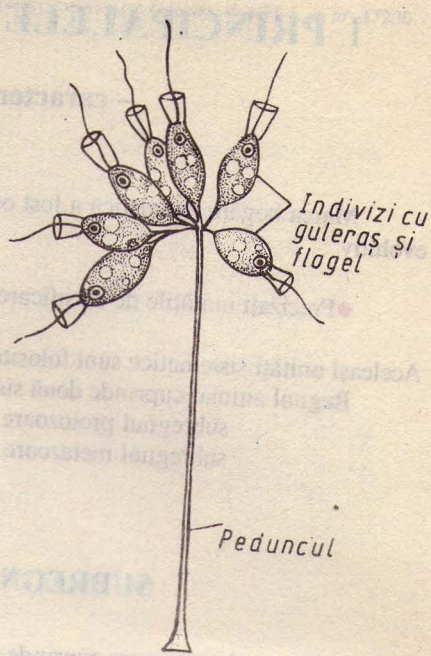


Fig. 2. Codonosiga.

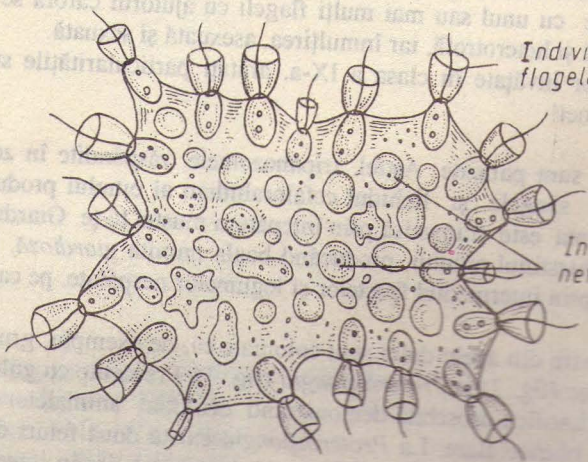


Fig. 3. Proterospongia.

2. Clasa rizopode cuprinde animale care populează mediul marin, de apă dulce, salmastru şi solul umed; unele sunt parazite. Au proprietatea de a emite pseudopode cu rol în locomoţie şi în capturarea hranei prin fagocitoză.

Unele rizopode *(Mastigamoeba,* fig. 4) prezintă pseudopode, dar şi un flagel.

Foraminiferii (fig. 5, *a*) şi radiolarii (fig. 5, *b*) trăiesc în mediul moartea organismelor are loc depunerea învelişului pe fundul mărilor, moartea organismelor are loc depunerea învelişului pe fundul mărilor, formându-se sedimente calcaroase (creta) sau roca silicioasă numită radiolarit.

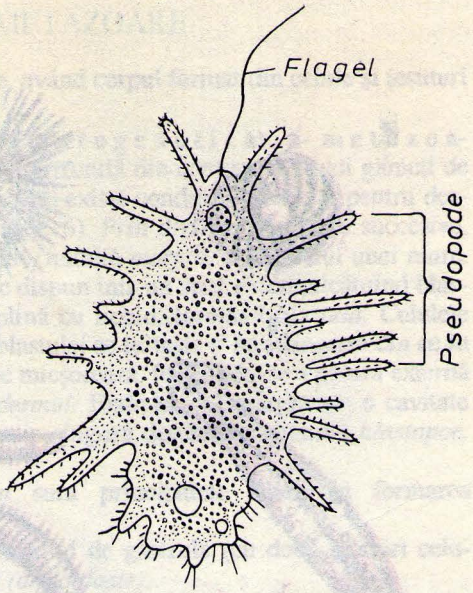


Fig. 4. Mastigamoeba.

3. Clasa sporozoare include specii parazite care produc boli grave la animale şi om. Întrucât în ciclul lor evolutiv formează spori cu care rezistă condiţiilor mediului extern, se numesc sporozoare. Dintre acestea, mai important este plasmodiul – malariei, care trăieşte parazit în sângele omului, producând malaria.

Menţionaţi care este transmiţătorul acestei boli!

Babesiile, descoperite de savantul român Victor Babeş, îmbolnăvesc vitele cornute. Transmiţătorul bolii este căpuşa. Speciile din genul *Nosema* produc boli grave larvelor fluturelui de mătase, iar coccidiile parazitează păsările şi iepurii.

4. Clasa ciliate cuprinde animale libere în apele dulci, salmastre, sărate şi în nisipuri umede, parazite şi simbionte. Au ca organite de mişcare cili, membrane etc.

Structura ciliatelor se caracterizează printr-o organizare mai complexă a corpului. Astfel, ingerarea hranei şi eliminarea produşilor nefolositori nu se mai fac pe toată suprafaţa corpului, ci numai prin anumite regiuni. De asemenea, există doi nuclei: unul mare (macronucleu) şi altul mic, micronucleu, cu rol deosebit în reproducerea sexuată.

Parameciul este consumator de bacterii, care contribuie la menţinerea condiţiilor favorabile pentru viaţa celorlalte specii din mediul său (lacuri, bălţi), constituind, totodată, hrana puietului de peşte.

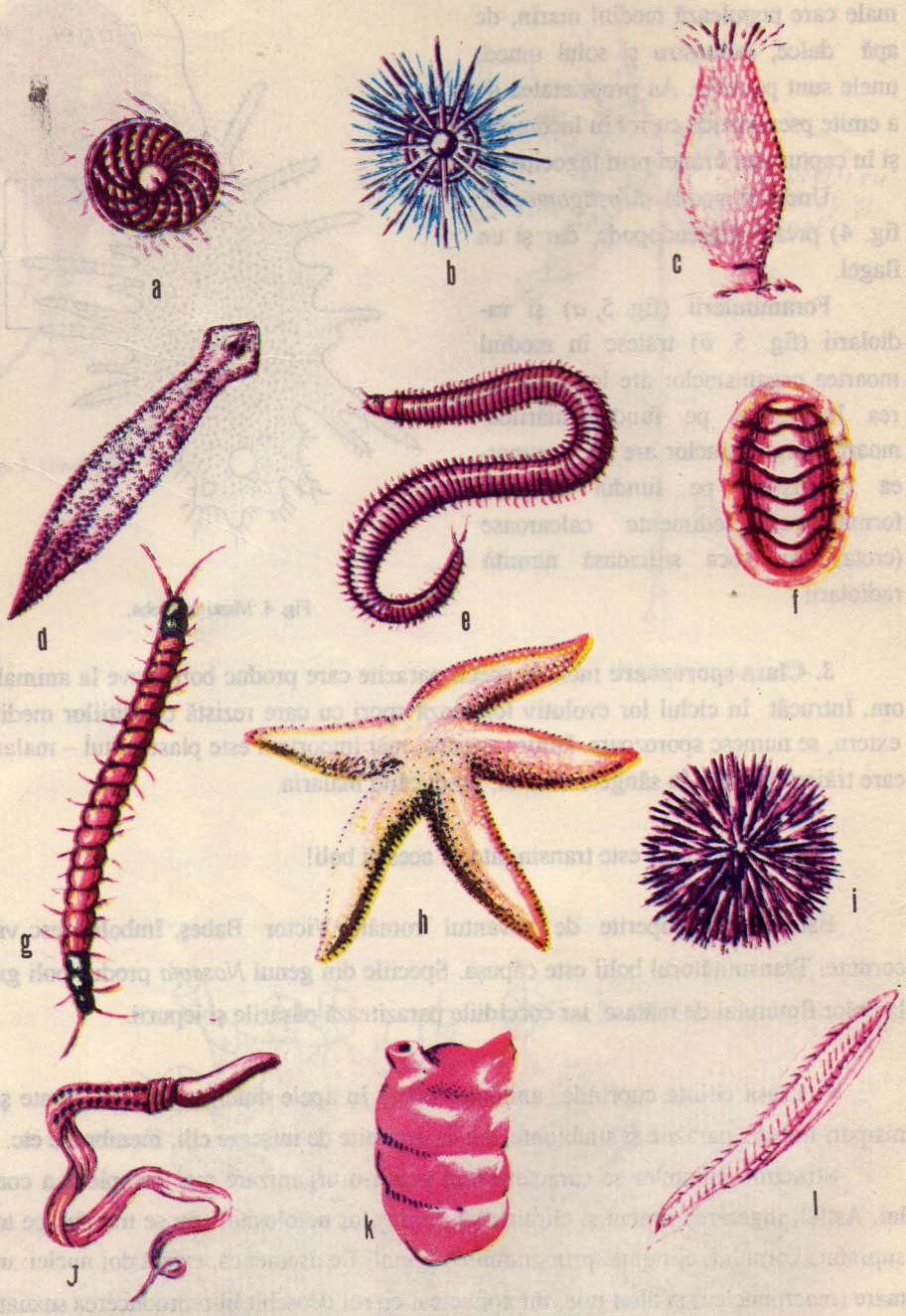


Fig. 5. Nevertebrate şi cordate inferioare:
a – foraminifer; **b** – radiolar; **c** – Sycon; **d** – planarie; **e** – Nereis; **f** – Chiton; **g** – miriapod; **h** – stea de mare; **i** – arici de mare; **j** – Balanoglossus; **k** – ascidie; **l** – Amfioxus.

SUBREGNUL METAZOARE

Metazoarele sunt animale pluricelulare, având corpul format din celule şi ţesuturi specializate structural şi funcţional.

Dezvoltarea individuală (ontogenetică) a metazoarelor începe cu celula-ou, celulă diploidă, provenită din contopirea a doi gameţi de sex opus (celule haploide). După fecundaţie, când există condiţiile necesare pentru dezvoltare, aceasta începe să se dividă imediat (fig. 6). Prin diviziuni mitotice succesive, celula-ou dă naştere la o masă sferică de celule, numită *morulă*, cu aspectul unei mure. Segmentarea continuând, celulele rezultate se dispun într-un strat extern,alcătuind blastodermul cu o cavitate centrală *(blastocel)*,plină cu lichid, formând *blastula*. Celulele continuă să se dividă, iar o parte a peretelui blastulei se turteşte şi se adânceşte din ce în ce mai mult în blastocel. Astfel, blastocelul se micşorează, formându-se o pătură externă de celule, *ectodermul*, şi alta internă, *endodermul*. Endodermul mărgineşte o cavitate internă, *arhenteronul* (intestinul primitiv), cu o singură deschidere, numită *blastopor*. Această formaţiune se numeşte *gastrulă*.

Deci, *morula*, *blastula* şi *gastrula* sunt principalele stadii în formarea embrionului.

Spongierii şi celenteratele se află în stadiul de gastrulă (cu două straturi celulare); de aceea se numesc *animale didermice (diploblaste)*.

Începând cu viermii, structura metazoarelor se complică prin formarea celei de-a treia foiţe embrionare – *mezodermul* – intercalată între ectoderm şi endoderm. Aceste metazoare se numesc *tridermice (triploblaste)*. La tripoblastele primitive (viermii laţi), mezodermul formează un ţesut compact, *parenchimul*, care umple spaţiul dintre organe. Aceste metazoare constituie grupul *triploblastelor acelomate*, deoarece mezodermul nu formează cavitatea generală, numită *celom*.

La triploblastele evoluate (de la viermii inelaţi şi până la mamifere) celulele mezodermului formează pereţii celomului. Aceste metazoare sunt reunite în grupul *triploblastelor celomate*. În celom sunt situate organele interne. Prin apariţia cavităţii

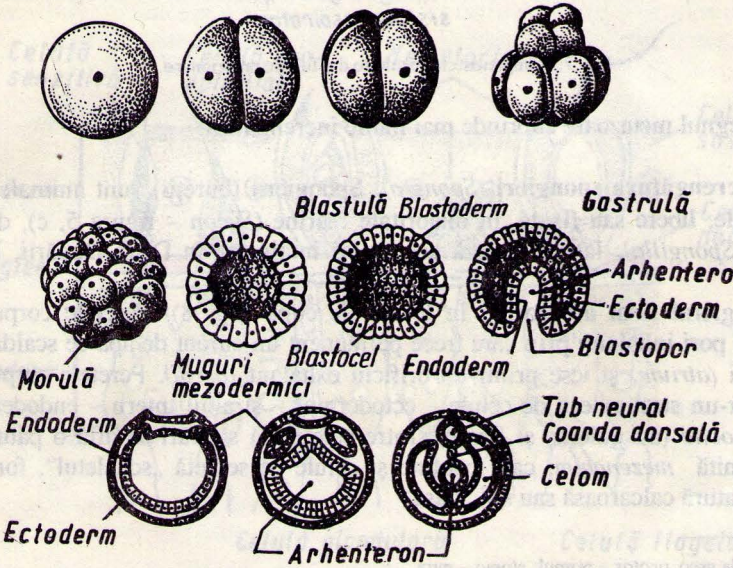


Fig. 6. Segmentarea celulei-ou la metazoare.

celomice, lichidul din interiorul corpului exercită un rol din ce în ce mai important în procesele de nutriție, respirație, excreție etc., constituind un mediu intern deosebit de cel extern.

Un caracter important în [illegible] triploblastelor îl constituie și originea orificiului bucal. La triploblastele inferioare (viermi, moluște, artropode), orificiul bucal își are originea în blastopor; ele se numesc *protostomieni**. La triploblastele superioare (de la echinoderme la vertebrate) orificiul bucal se formează la polul opus blastoporului, acesta dând naștere la anus. Aceste metazoare se numesc *deuterostomieni*.

Prin diferențierea celulelor, din cele trei foițe embrionare rezultă țesuturile și organele embrionului.

TEMĂ

– Analizați figura 7 și rețineți componentele rezultate din fiecare foiță embrionară!

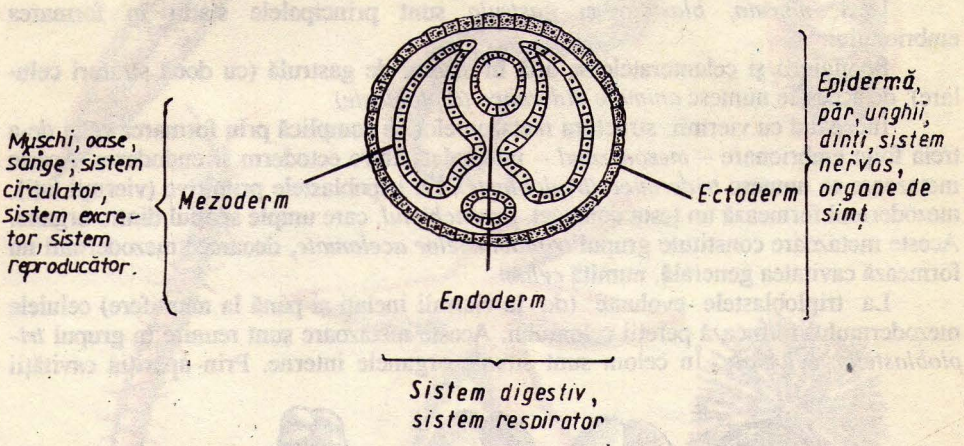


Fig. 7. Componentele rezultate din foițele embrionare.

Subregnul metazoare cuprinde mai multe încrengături:

I. Încrengătura spongieri *(Spongia).* Spongierii (bureții) sunt animale solitare sau coloniale, libere sau fixate, în majoritate marine (*Sycon* – figura 5, c), dar și de apă dulce *(Spongilla);* la noi în țară aceasta se întâlnește în Delta Dunării, în Lacul Snagov etc.

Spongierul fixat are corpul în formă de cupă (fig. 8). Peretele corpului este străbătut de pori inhalanți prin care trece permanent un curent de apă ce scaldă cavitatea corpului *(atrium)* și iese printr-un orificiu exhalant *(oscul).* Peretele corpului este format dintr-un strat extern de celule – ectodermul – și altul intern – endodermul, cu celule *coanocite* (au guleraș și flagel). Între cele două straturi se află o pătură gelatinoasă numită *mezenchim,* care conține și celule ce secretă „scheletul", format din spiculi de natură calcaroasă sau silicioasă.

* de la grec. *protos* = primul; *stoma* = gură.

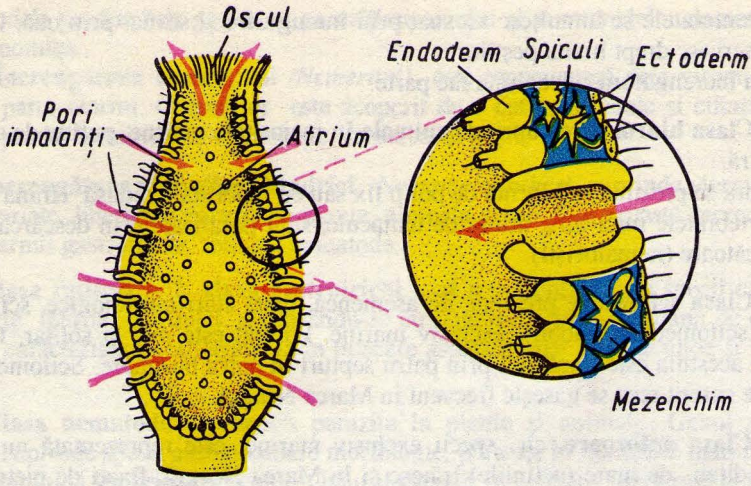


Fig. 8. Spongier (secțiune).

II. Încrengătura celenterate *(Coelenterata).* Celenteratele sunt animale acvatice, majoritatea marine, solitare sau coloniale, libere sau fixate (hidra, meduza, coralul, dediţelul de mare). Ele se prezintă sub formă de polip, de regulă fixat, şi meduză, formă liberă. Au simetrie radiară, corpul prezentând o cavitate digestivă, care comunică cu exteriorul prin orificiul buco-anal, înconjurat de tentacule.

Se constată o diferenţiere a celulelor ectodermice; printre celulele de susţinere se găsesc celule mioepiteliale (celule contractile), celule senzitive şi nematocişti, cu ajutorul cărora animalul paralizează organismele cu care se hrăneşte sau se apără. Endodermul este format din celule flagelate şi celule glandulare fără flageli, cu rol în digestie. Cele două foiţe sunt separate printr-un strat subţire, gelatinos, numit *mezoglee,* în care sunt răspândite celulele nervoase (fig. 9).

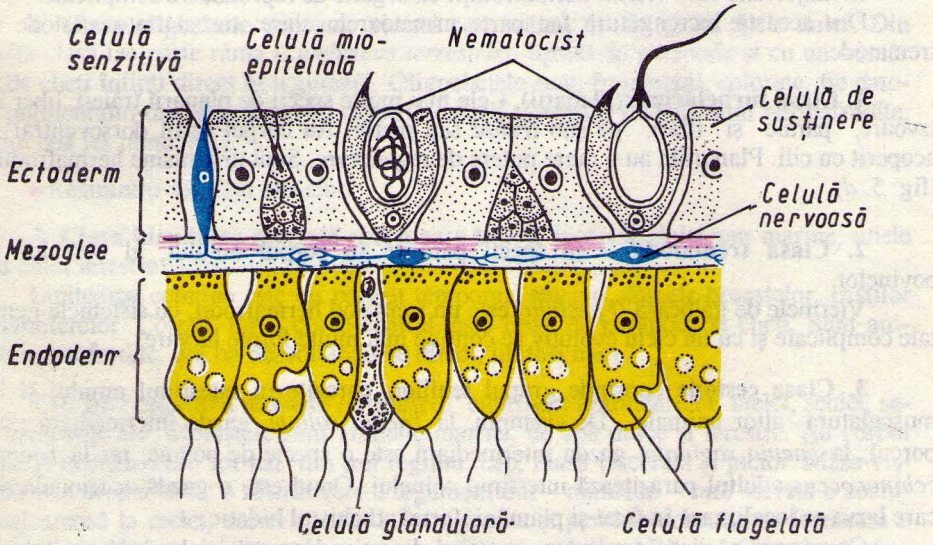


Fig. 9. Hidra de apă dulce – structura corpului.

Celenteratele se înmulțesc asexuat prin înmugurire și sexuat prin ouă. Unele celenterate servesc drept hrană peștilor.

Din încrengătura celenterate fac parte:

1. Clasa hidrozoare cuprinde animale în majoritate marine, puține de apă dulce și salmastră.

Hidra se prezintă sub formă de polip fix sau cu mobilitate redusă. Hrana o constituie nevertebratele mici care, atinse de tentacule, sunt paralizate prin descărcarea celulelor urzicătoare (nematociști).

2. Clasa scifozoare prezintă, de asemenea, două stări morfologice, scifopolipul (fix) și scifomeduza (mobil), exclusiv marine. Polipul este mic și solitar. Cavitatea gastrică a acestuia este împărțită prin patru sepțuri în patru buzunare. Scifomeduza sau meduza de curent rece se găsește frecvent în Marea Neagră.

3. Clasa antozoare, cu specii exclusiv marine, este reprezentată numai prin polipi. Dediței de mare (actiniile) trăiesc și în Marea Neagră, fixați de pietre, având culori foarte vii (roșii, albastre, verzi etc.). Cavitatea gastrică este împărțită prin sepțuri în mai multe loje. Coralii sunt tot antozoare care populează mările calde; aceștia au forma unor tufe de culoare roșie sau albă iar scheletul lor este calcaros. Coloniile de corali formează recifele sau insulele de corali.

III. Încrengătura viermilor lați *(Plathelminthes)* cuprinde specii libere, răspândite în apele marine, dulci și în solul umed (planariile), și specii parazite (teniile și fasciolele). Structura corpului s-a complicat prin formarea celei de-a treia foițe embrionare – mezodermul. Mezodermul prezintă mai multe categorii de celule care îndeplinesc diferite funcții: respiratorie, fagocitară, de acumulare a grăsimilor și glucidelor.

● Cum se numesc asemenea metazoare? Ce fel de simetrie au?

În majoritate sunt viermi hermafrodiți, cu organe de reproducere complicate.

Din această încrengătură fac parte următoarele clase: turbelariate, cestode și trematode.

1. Clasa turbelariate (planarii). Cele mai multe specii de planarii trăiesc liber în izvoare, pâraie și râuri, pe sub frunze sau pietre. Au corpul turtit dorsoventral și acoperit cu cili. Planariile au o mare putere de regenerare. Sunt organisme hermafrodite (fig. 5, *d*).

2. Clasa trematode – cu specii parazite în corpul omului, al ovinelor și bovinelor.

Viermele de gălbează *(Fasciola)* este un trematod hermafrodit, cu sistemele genitale complicate și cu un ciclu evolutiv ce conține mai multe forme larvare.

3. Clasa cestode cuprinde grupul teniilor, parazite în intestinul omului și în musculatura altor animale. De exemplu, la *Taenia solium,* gazda intermediară este porcul; la *Taenia saginata,* gazda intermediară este o specie de bovine, iar la *Taenia echinococcus,* adultul parazitează intestinul câinelui. Omul este o gazdă ocazională, la care larva se localizează în ficat și plămâni, formând chistul hidatic.

Ca urmare a vieții parazitare, sistemul digestiv lipsește, iar la cel genital se observă o hipertrofie.

Cestodele produc boli grave, ca paraziţi ai omului şi ai animalelor domestice cu valoare economică.

IV. **Încrengătura nemerţieni** *(Nemertini)* este reprezentată prin viermi în cea mai mare parte marini. Corpul lor este acoperit de o cuticulă moale şi ciliată. Sunt animale de pradă, hrănindu-se cu moluşte, crustacei şi peşti.

V. **Încrengătura viermilor cilindrici** *(Nemathelminthes)* cuprinde viermi de dimensiuni variate, liberi sau paraziţi la plante, animale şi om. Din această încrengătură fac parte viermii gastrotrichi, rotiferi, nematode.

1. **Clasa rotiferi** şi 2. **clasa gastrotrichi** sunt reprezentate prin specii care trăiesc în apele marine şi dulci, deplasându-se cu ajutorul cililor. Coroana de cili din jurul gurii, caracteristică rotiferilor, ia în mişcare aspectul unei roţi, de unde şi numele clasei.

3. **Clasa nematode** are specii parazite la plante şi animale. Genul *Ascaris* (limbricul) cuprinde specii asemănătoare morfologic, parazite în intestinul mamiferelor: limbricul omului şi limbricul porcului. Oxiurul trăieşte în cecumul intestinal şi apendicele omului, mai ales la copii. Trichina parazitează intestinul subţire al omului, pisicii, câinelui, porcului, iar larvele, muşchii striaţi ai gazdelor.

VI. **Încrengătura viermilor inelaţi** *(Annelida)* cuprinde specii care au corpul format dintr-un număr variabil de inele (*Nereis*, râmele şi lipitorile). Anelidele trăiesc în mediul acvatic (marin şi dulcicol), în sol, iar unele sunt parazite. Au sisteme fiziologice bine dezvoltate: muscular, nervos, digestiv, circulator şi excretor. Cuprind trei clase: polichete, oligochete şi hirudinee.

1. **Clasa polichete** are specii care, în majoritate sunt marine, mobile. *Nereis* (fig. 5, *e)* este o specie cu largă răspândire în Marea Neagră, pe sub pietre sau în galerii săpate în nisip. Corpul său prezintă pe părţile laterale expansiuni ale segmentelor numite *parapode*. Pe ele sunt înfipţi nişte peri chitinoşi numiţi *cheţi*. În dezvoltarea ontogenetică a acestor animale, din ou apare o larvă numită *trocoforă*.

2. **Clasa oligochete** cuprinde viermi care trăiesc în sol şi în apele dulci. Din această clasă fac parte râma *(Lumbricus terrestris)*, lipsită de parapode şi cu un număr mic de cheţi înfipţi direct în tegument. Oligochetele sunt, în general, colorate, fie datorită pigmentului din tegument, fie datorită culorii sângelui. Râmele sunt hermafrodite, iar din ouă ies râme mici.

● Reamintiţi-vă rolul râmelor!

3. **Clasa hirudinee** prezintă specii care trăiesc în apele dulci sau marine, unele fiind chiar terestre.

Lipitoarea comună este un parazit temporar, sugând sângele broaştelor, peştilor şi mamiferelor. Corpul, turtit dorso-ventral, este lipsit de parapode şi cheţi. Sunt animale hermafrodite, din ou dezvoltându-se direct, lipitori mici.

VII. **Încrengătura moluşte** *(Mollusca)* cuprinde: amfineurieni, melci, scoici, sepii, caracatiţe etc. Moluştele sunt animale marine, de apă dulce şi terestre. Au corpul moale şi nesegmentat, format din trei regiuni: cap, masă viscerală şi picior. Masa viscerală este acoperită de o răsfrângere a tegumentului – mantaua – care secretă o cochilie calcaroasă la melci, scoici şi nautil. Între manta şi peretele corpului se formează o cavitate palcală, în care, la unele specii, se găsesc branhiile. Moluştele sunt hermafrodite, dar şi cu sexe separate. Larva liberă este de tip trocoforă.

1. Clasa amfineurieni. Sunt animale exclusiv marine, primitive, care trăiesc fixate pe stânci. Din această clasă face parte *Chiton* (fig. 5, *f*). În dezvoltarea ontogenetică apare larva trocoforă.

2. Clasa gasteropode. Cei mai mulți melci trăiesc în apele mărilor și oceanelor (ghiocul, *Murex*), alții sunt de apă dulce *(Limnaea* și *Planorbis)* iar melcul de livadă și limaxul sunt terestri. La cei mai mulți melci, inițial simetria este bilaterală, alterată apoi prin răsucirea corpului în spirală, ca și cochilia calcaroasă. Respirația se face prin branhii sau prin mantaua vascularizată, cu rol de plămân.

3. Clasa lamelibranhiate este reprezentată prin animale marine și de apă dulce, care trăiesc pe fundul mâlos sau nisipos. Din această clasă fac parte scoica de râu, scoica de lac etc. Nu au cap distinct, iar branhiile, situate în cavitatea paleală, sunt lamelare. Sexele sunt separate; au un stadiu larvar care amintește de larva trocoforă.

4. Clasa cefalopode este reprezentată prin: sepie, caracatiță și nautil. Trăiesc în mediul marin și pot ajunge până la adâncimi de 5 000 m. Simetria acestor moluște este bilaterală. Sunt animale de pradă, libere și foarte active. Piciorul, transformat în brațe, înconjură orificiul bucal. Dintre cefalopode, nautilul, „fosila vie", are cochilia răsucită în spirală. La sepie, cochilia se reduce mult și este îngropată într-un buzunar al mantalei, formând osul de sepie (sepion).

Moluștele actuale au mare rol în circuitul materiei, constituind și hrana multor mamifere acvatice. De asemenea, au importanță pentru economia umană, servind ca hrană (melcii de livadă, scoicile, cefalopodele), ca material de prelucrat în industria nasturilor, a podoabelor din sidef și pentru producerea perlelor. Alte specii sunt dăunătoare; astfel, limaxul se hrănește cu ciuperci și legume, iar limnea și planorbis constituie gazde intermediare pentru viermele de gălbează.

VIII. Încrengătura artropode *(Arthropoda).* În această unitate sistematică sunt cuprinse animale ca: păianjenii, căpușele, scorpionii, racii, insectele. Artropodele sunt răspândite în toate mediile și pe tot globul. Au corpul acoperit cu chitină sau cu crustă care formează scheletul extern (exoschelet). Acest înveliș se reînnoiește periodic (năpârlesc). Corpul lor este diferențiat în trei regiuni: cap, torace și abdomen. Segmentele corpului poartă apendice articulate (picioare), de unde s-a dat denumirea de artropode. În general se dezvoltă prin metamorfoză, care poate fi completă sau incompletă.

1. Clasa arahnide. Arahnidele au o largă răspândire, trăind în medii foarte diferite, libere sau parazite. Speciile mai importante sunt: păianjenul cu cruce, scorpionul, căpușa și sarcoptul râiei. Arahnidele au corpul format din două părți: cefalotorace și abdomen. Au o pereche de chelicere și patru perechi de picioare. Cu excepția scorpionului, abdomenul lor este nesegmentat.

2. Clasa crustacei. Marea majoritate a crustaceilor sunt marini și foarte puțini de apă dulce și terestri. Cei mai cunoscuți crustacei sunt: racul de râu, creveta din Marea Neagră, crabul, homarul, langusta, puricele de apă *(Daphnia)*, ciclopul. Crustaceii au corpul acoperit cu o crustă chitinoasă, impregnată cu carbonat de calciu. Corpul este format din cefalotorace și abdomen. De cefalotorace se inseră 5 perechi de apendice locomotorii. La multe specii, primele perechi de apendice poartă cleşti.

Multe specii acvatice constituie hrana unor animale. Altele sunt consumate de om.

3. Clasa miriapode cuprinde animale terestre, din care fac parte urechelnița (fig. 5, *g*), scolopendra și șarpele orb. Se caracterizează prin numărul mare de segmente; seamănă cu anelidele, dar picioarele, articulate, exoscheletul și structura internă complexă, le clasifică printre artropode.

4. Clasa insecte include animale terestre și acvatice și reprezintă singurele nevertebrate capabile de zbor, care le-a permis o largă răspândire. Există peste 1 milion de specii, insectele fiind cele mai numeroase animale din natură. Corpul este format din cap, torace și abdomen. Capul poartă o pereche de antene de tipuri diferite, ochii și piesele bucale, a căror structură este adecvată regimului de hrană. Toracele, format din trei regiuni, poartă trei perechi de picioare articulate și două perechi de aripi. Abdomenul prezintă apendice numai la insectele primitive și la larve; la celelalte insecte, apendicele abdominale s-au transformat în piese ale aparatului reproducător.

Insectele au un mare rol în natură: unele sunt folositoare (albinele, fluturele de mătase etc.); altele sunt dăunătoare culturilor de cereale, legumelor, pomilor fructiferi, pădurilor sau transmit boli la plante și animale.

IX. Încrengătura echinoderme *(Echinodermata)* cuprinde animale exclusiv marine, cum sunt: crinul de mare, steaua de mare (fig. 5, *h*), ariciul de mare (fig. 5, *i*) și castravetele de mare. Sunt animale cu simetrie pentaradiară sau bilaterală. Pe suprafața corpului prezintă țepi rigizi, iar în țesutul dermic se găsesc mai multe plăci calcaroase care formează scheletul. Caracteristic echinodermelor este sistemul ambulacrar cu rol locomotor, respirator, circulator și excretor. Acesta este format dintr-un sistem de tuburi cu ventuze (picioare ambulacrare) care străbat plăcile din zonele ambulacrare și au rol de fixare și deplasare. În dezvoltarea embrionară se ajunge la o larvă – *dipleurulă* – cu simetrie bilaterală.

X. Încrengătura stomocordate *(Stomocordata)* cuprinde animale exclusiv marine, care trăiesc în regiunea litorală, în mâl sau în nisip. Dintre acestea, *Balanoglossus* sp. (fig. 5, *f*), are corpul vermiform, împărțit în trei segmente: trompa, gulerul și trunchiul. Acestor trei segmente le corespund trei compartimente ale celomului. În regiunea faringelui, animalul prezintă un schelet primitiv – *stomocordul*.

Cordate

Cordatele sunt cele mai evoluate animale. Ele se deosebesc de nevertebrate prin structura lor mai complicată. Cordatele sunt animale la care întâlnim scheletul intern axial numit *notocord* (coardă dorsală), protejat de un manșon conjunctiv.

Grupul cordatelor este reprezentat prin trei încrengături: urocordate, cefalocordate și vertebrate.

XI. Încrengătura urocordate *(Urochordata)* cuprinde cordate primitive, exclusiv marine, solitare sau coloniale, sedentare sau pelagice. Epiderma secretă o tunică ce învelește indivizii izolați sau colonia; de aceea se mai numesc tunicate.

Ascidia (fig. 5, *k*) este o specie sedentară, al cărui corp, în formă de sac, este prevăzut cu două sifoane: bucal, pe unde intră apa și cloacal, pe unde iese apa. Din ouă se dezvoltă larvele libere care au notocord situat în regiunea cozii, de unde și numele încrengăturii *(uros* = coadă).

XII. Încrengătura cefalocordate *(Cephalochordata)* este reprezentată prin *Amfioxus* (fig. 5, *I*), care trăieşte în zonele litorale, unde înoată sau stă fixat în nisip. Are corpul pisciform, alb-gălbui, lung de circa 5–8 cm, acoperit de o epidermă unistratificată. Notocordul este situat dorsal şi se menţine toată viaţa.

XIII. Încrengătura vertebrate *(Vertebrata).* Din această încrengătură fac parte: peştii, amfibienii, reptilele, păsările şi mamiferele, animale adaptate la toate mediile de viaţă. La nevertebrate, notocordul, prezent numai în perioada embrionară, este înlocuit la adult prin coloana vertebrală, provenită din ţesutul conjunctiv din jurul notocordului. Corpul acestor animale este protejat de tegument, care dă naştere la producţiuni cornoase, cum sunt: solzii peştilor şi ai reptilelor, plăcile cornoase şi osoase de la reptile, ghearele reptilelor, păsărilor şi mamiferelor, penele păsărilor, perii, unghiile şi copitele mamiferelor. De asemenea, unele vertebrate (mamifere) au producţiuni glandulare, ca glandele sudoripare, sebacee şi mamare. Spre deosebire de nevertebrate, scheletul vertebratelor este intern şi, după cum ştiţi, acesta cuprinde: scheletul capului, scheletul trunchiului şi scheletul membrelor. Membrele sunt reprezentate prin înotătoare, picioare şi aripi, organe adaptate pentru deplasarea în mediul de viaţă. Sistemul nervos este plasat în partea dorsală a corpului, iar organele de simţ sunt mai complexe şi mai dezvoltate decât la nevertebrate. După cum ştiţi din clasele anterioare, sistemul digestiv al vertebratelor este alcătuit din tub digestiv şi glande anexe, iar respiraţia este branhială la peşti şi larvele amfibienilor, cutanee şi pulmonară la amfibieni şi pulmonară la celelalte vertebrate. La scheletul capului apar fălcile care constituie aparatul masticator, adaptat la diferite moduri de hrănire. Cutia craniană protejează encefalul, iar coloana vertebrală, măduva spinării. Pe schelet se inseră muşchii cu care formează aparatul locomotor. Circulaţia sângelui se face prin vase sangvine (artere, capilare, vene), iar inima este situată ventral. Sistemul excretor este reprezentat prin rinichi şi căi urinare, iar sistmul reproducător, prin două testicule la mascul şi două ovare la femelă.

Încrengătura vertebratelor cuprinde: subîncrengătura vertebratelor fără fălci *(agnate)* şi subîncrengătura vertebratelor cu fălci *(gnatostome).*

A g n a t e l e sunt reprezentate prin **clasa ciclostomi** (animale cu gura rotundă), vertebrate acvatice, cu temperatura variabilă (poichiloterme). Din această clasă face parte chişcarul care trăieşte în apele dulci. Gura, permanent deschisă, prevăzută cu dinţi cornoşi, îi serveşte la fixarea de corpul peştilor pe care îi parazitează. Corpul, lipsit de înotătoare perechi, este acoperit cu tegument glandular, fără solzi. Notocordul se menţine toată viaţa, iar din ţesutul conjunctiv care îl înconjoară se formează un început de vertebre şi coaste. Chişcarul respiră prin branhii.

G n a t o s t o m e l e – vertebrate cu fălci şi membre perechi – sunt clasificate în: supraclasa peşti şi supraclasa tetrapode.

S u p r a c l a s a p e ş t i este reprezentată prin vertebrate acvatice, poichiloterme, cu corpul hidrodinamic, acoperit de solzi osoşi, produşi de derm şi înfipţi în tegument. Membrele acestor animale sunt reprezentate prin înotătoare perechi şi neperechi. Peştii constituie grupul cel mai numeros dintre vertebratele actuale. Supraclasa peştilor este subîmpărţită în două clase: peşti cartilaginoşi şi peşti osoşi (fig. 10).

1. Clasa peştilor cartilaginoşi (rechinul, pisica de mare, vulpea de mare, torpila etc.) prezintă schelet cartilaginos şi, pentru prima oară în seria animală, se observă coloana vertebrală formată din vertebre care înlocuiesc, în mare parte, notocordul. Peştii cartilaginoşi prezintă solzi, fiecare fiind format dintr-o placă osoasă, pe care se

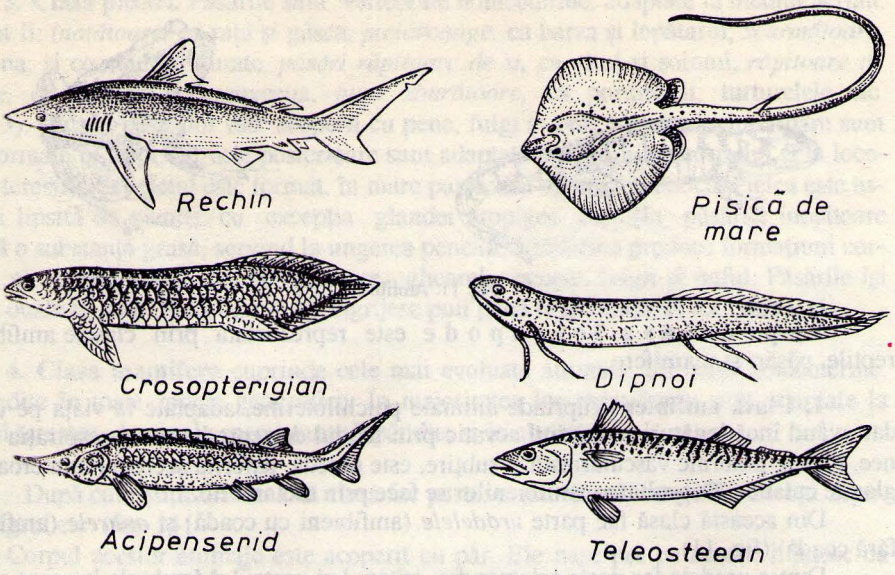


Fig. 10. Peşti cartilaginoşi şi peşti osoşi.

află un ghimpe. Gura acestor peşti are poziţie subterminală şi este prevăzută cu mai multe rânduri de dinţi, dintre care rândul interior este cel mai nou, înlocuindu-l treptat pe cel vechi. Nările comunică cu cavitatea bucală. Înotătoarea codală are lobi inegali (heterocercă).

2. **Clasa peştilor osoşi** cuprinde acipenseridele şi teleosteenii.

– A c i p e n s e r i d e l e sunt, în majoritate, specii marine, reprezentate prin nisetru, morun, cegă şi păstrugă. Scheletul lor este, în mare parte, cartilaginos, bolta cutiei craniene osificată, iar notocordul se menţine toată viaţa. Craniul este alungit într-un rostru, iar gura, subterminală, este lipsită de dinţi. Tegumentul, lipsit de solzi, prezintă cinci rânduri de plăci osoase, iar coada este heterocercă. Carnea şi icrele acestor peşti sunt mult apreciate în alimentaţie.

– T e l e o s t e e n i i (crap, ştiucă, scrumbie, cod, somn, şalău, păstrăv etc.) reprezintă grupul cel mai evoluat şi mai răspândit de peşti. Scheletul lor este complet osificat, din notocord rămânând doar discurile intervertebrale. Majoritatea speciilor prezintă solzi, iar culoarea pielii este determinată de celule pigmentare speciale numite cromatofori. Coada are lobi egali (homocercă). De partea dorsală a esofagului se leagă vezica înotătoare.

Dintre peştii osoşi fac parte şi p e ş t i i d i p n o i, care trăiesc numai în râurile din Africa, America de Sud şi Australia, în condiţii de climă secetoasă şi caldă, unde apele pot seca. Aceşti peşti sunt adaptaţi la o respiraţie dublă, prin branhii şi plămâni.

Tot dintre peştii osoşi fac parte şi c r o s o p t e r i g i e n i i, reprezentaţi printr-o singură specie, *Latimeria chalumnae*, care trăieşte în Oc. Indian. Scheletul înotătoarelor perechi este asemănător scheletului membrelor de la amfibieni.

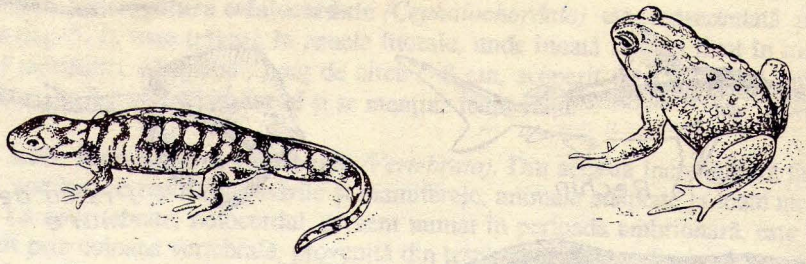


Fig. 11. Amfibieni.

Supraclasa tetrapode este reprezentată prin clasele amfibieni, reptile, păsări şi mamifere.

1. Clasa amfibieni cuprinde animale poichiloterme, adaptate la viaţa pe uscat, dar având încă legături în mediul acvatic prin modul de reproducere şi respiraţia cutanee. Pielea, puternic vascularizată şi subţire, este umedă, datorită secreţiei numeroaselor glande cutanee. Dezvoltarea amfibienilor se face prin metamorfoză.

Din această clasă fac parte *urodelele* (amfibieni cu coadă) şi *anurele* (amfibieni fără coadă) (fig. 11).

Dintre urodele fac parte salamandra, tritonul şi proteul. Membrele lor sunt egale, iar la proteu – specie care trăieşte numai în apele din peşterile Dalmaţiei – branhiile se menţin toată viaţa. Salamandra trăieşte prin pădurile umede; seamănă cu o şopârlă având culoarea neagră, cu pete galbene-portocalii. Tritonul trăieşte pe lângă bălţile cu vegetaţie bogată, unde îşi depune ouăle. La triton există dimorfism sexual evident, masculul având o creastă dorsală care, în perioada de reproducere, ia o culoare marmorată.

2. Clasa reptile cuprinde tetrapode terestre, poichiloterme, cu răspândire mai mare în regiunile calde (fig. 12). Tegumentul îngroşat le fereşte de pierderea apei, iar la cele mai multe specii, epiderma formează, prin încreţire, solzi cornoşi. La broaştele ţestoase, şopârle şi crocodili, membrele sunt scurte şi situate pe părţile laterale ale corpului, iar la şerpi, acestea lipsesc.

• Analizaţi figurile 11 şi 12 şi denumiţi grupele de reptile din care fac parte speciile prezentate!

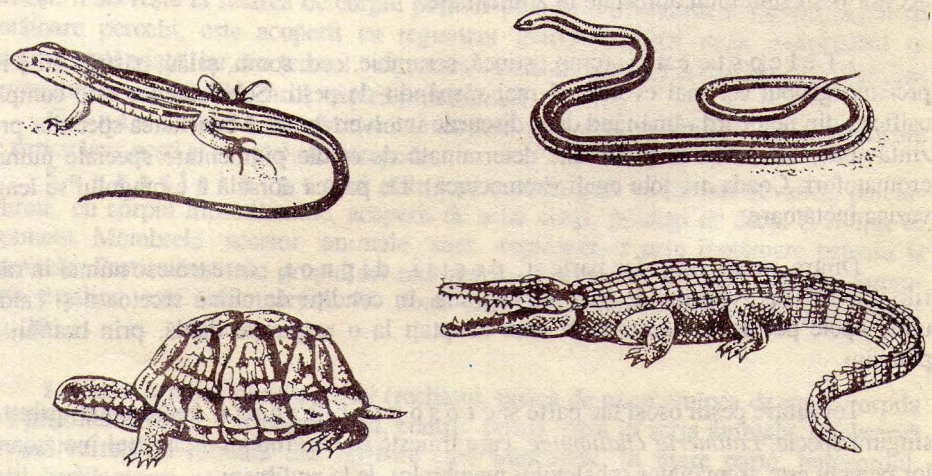


Fig. 12. Reptile.

3. Clasa păsări. Păsările sunt vertebrate homeoterme, adaptate la mediul aerian. Ele pot fi: *înotătoare*, ca rața și gâsca, *picioroange*, ca barza și lopătarul, *scurmătoare*, ca găina, și cocoșul de munte, *păsări răpitoare de zi*, ca uliul și șoimul, *răpitoare de noapte*, ca bufnița și cucuveaua, *bune zburătoare*, ca porumbeii, turturelele etc. (fig. 13). Corpul păsărilor este acoperit cu pene, fulgi și puf. Membrele anterioare sunt transformate în aripi, iar cele posterioare sunt adaptate la sprijinirea corpului și la locomoția terestră. Scheletul este format, în mare parte, din oase pneumatice. Pielea este uscată și lipsită de glande, cu excepția glandei uropigee care, la păsările înotătoare secretă o substanță grasă, servind la ungerea penelor. Epiderma produce formațiuni cornoase, ca: ciocul, solzii de pe picioare, ghearele, penele, fulgii și puful. Păsările își depun ouăle în cuib, le clocesc și își îngrijesc puii până la dezvoltarea lor completă.

4. Clasa mamifere cuprinde cele mai evoluate animale. Ele sunt homeoterme, răspândite în toate zonele geografice. În majoritatea lor mamiferele sunt adaptate la mediul terestru, dar unele specii sunt răspândite și în alte medii.

După cum știți, din această clasă fac parte: ornitorincul, cangurul, cârtița, iepurele, tigrul etc. (fig. 14).

Corpul acestor animale este acoperit cu păr. Ele nasc pui pe care îi hrănesc cu lapte produs de mamele. Producțiunile cornoase ale epidermei sunt: ghearele, copitele, unghiile, coarnele, solzii, țepii și perii, iar cele glandulare sunt: glandele sudoripare, glandele sebacee care secretă o substanță (sebum), cu rol în ungerea firelor de păr, și glandele mamare, care secretă laptele. După modul de reproducere și al dezvoltării puilor, mamiferele sunt clasificate în: monotreme, marsupiale și placentare.

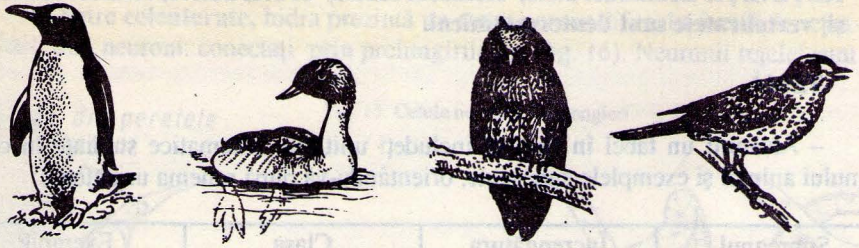


Fig. 13. Analizați imaginile și stabiliți categoria de păsări din care fac parte !

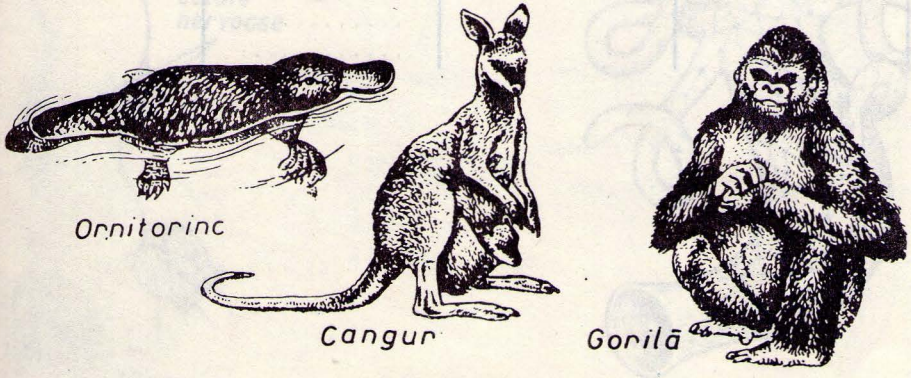


Fig. 14. Mamifere.

M o n o t r e m e l e sunt mamifere ovipare, reprezentate prin ornitorinc şi echidnă, specii care trăiesc în Australia. Tasmania şi Noua Guinee. Ele poartă această denumire datorită faptului că prezintă un singur orificiu posterior, orificiul cloacal (*monos* = unul; *trema*= orificiu). Ornitorincul depune şi clocește ouăle într-un cuib, iar echidna le poartă într-o pungă tegumentară a pântecelui. Puii sunt hrăniți cu lapte, care se prelinge pe perii abdomenului, de unde este supt de pui. Monotremele sunt lipsite de mamele. Fălcile lor sunt prelungite în formă de cioc. Adulții sunt lipsiți de dinți. Temperatura corporală este relativ scăzută şi variabilă (26–35°C).

M a r s u p i a l e l e, din care fac parte cangurul, lupul marsupial, cârtița marsupială etc., trăiesc numai în (Australia şi insulele învecinate, America de Sud şi America de Nord). Aceste animale au pe abdomen o pungă a tegumentului numită marsupiu, unde se află mamelele şi unde sunt adăpostiți puii după naştere. Marsupiul este susținut de oasele marsupiale, articulate de oasele bazinului. Temperatura corpului variază puțin, în funcție de temperatura mediului.

P l a c e n t a r e l e sunt cele mai numeroase şi mai evoluate mamifere, răspândite în cele mai variate medii. Din acest grup fac parte: *insectivorele* (cârtița, ariciul), *chiropterele* (liliacul), *edentalele* (furnicarul, tatuul, leneşul), *rozătoarele* (iepurele, şoarecele etc.), *carnivorele* (tigrul, lupul, hiena, ursul, dihorul), *pinipedele* (foca şi morsa), *cetaceele* (balena, caşalotul şi delfinul), *proboscidienii* (elefantul), *copitatele* (porcul, cămila, cerbul, bivolul, capra, girafa, rinocerul, calul), *primatele* (maimuța, omul). Embrionul acestor mamifere se fixează în peretele uterului mamei prin intermediul placentei, din care cauză acesta se dezvoltă complet în uter. Temperatura placentarelor este constantă (animale homeoterme).

REȚINEȚI! Echinodermele, stomocordatele, urocordatele, cefalocordatele şi vertebratele sunt deuterostomieni.

TEMĂ

– Alcătuiți un tabel în care să includeți unitățile sistematice studiate în cadrul regnului animal şi exemplele cunoscute, orientându-vă după schema următoare:

Subregnul	Încrengătura	Clasa	Exemple
Protozoare	Protozoare	Flagelate Rizopode	

II. ANATOMIE ŞI FIZIOLOGIE COMPARATĂ ÎN SERIA ANIMALĂ

1. RELAŢIILE ORGANISMELOR ANIMALE CU MEDIUL

1.1. SISTEMUL NERVOS ÎN SERIA ANIMALĂ

Sistemul nervos, prin organizarea şi funcţiile sale, dispune de o reţea informaţională rapidă, cu ajutorul căreia înregistrează modificări ale factorilor fizici şi chimici din mediul intern (sânge, limfă, lichid intracelular), ca şi din cel extern. Pe baza acestor informaţii, sistemul nervos emite „comenzi" către diferite structuri – muşchi, glande – care răspund prin contracţie sau secreţie. Funcţionând în acest mod, sistemul nervos îndeplineşte rol de intermediar între organism şi mediu, dirijând realizarea unor răspunsuri adecvate faţă de schimbările din mediu. Astfel, organismul se integrează în mediul său de viaţă.

Sistemul nervos al nevertebratelor

În lumea nevertebratelor întâlnim o varietate de tipuri de sistem nervos, strâns legată de complexitatea alcătuirii interne şi a comportamentului diferitelor specii.

Spongierii, cele mai simple metazoare, nu au sistem nervos; prezintă în peretele corpului celule nervoase, slab conectate între ele, care controlează anumite contracţii regionale ale corpului (fig. 15).

Dintre **celenterate,** hidra prezintă un sistm nervos difuz, în formă de reţea – constituit din neuroni, conectaţi prin prelungirile lor (fig. 16). Neuronii reţelei sunt legaţi

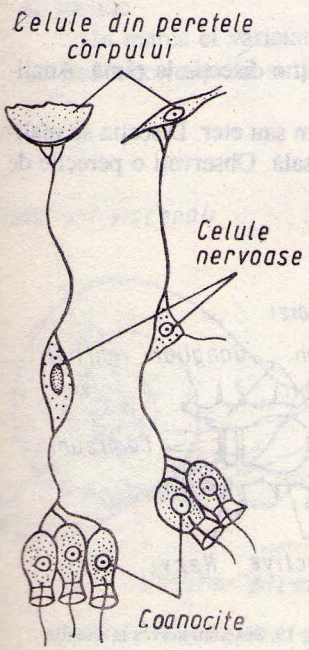


Fig. 15. Celule nervoase la spongieri.

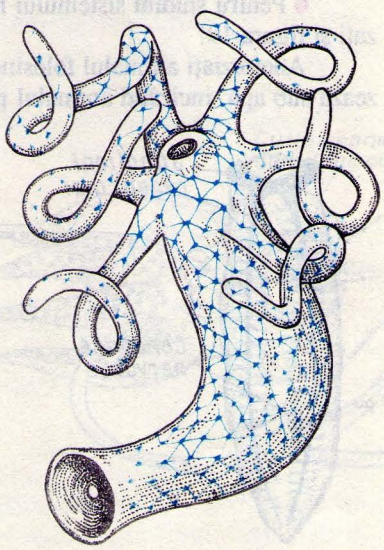


Fig. 16. Sistemul nervos de la hidră.

Fig. 17. Arcul reflex la hidră.

şi cu celulele senzitive receptoare, precum şi cu celulele mioepiteliale (efectoare) din ectoderm, realizând cel mai simplu şi mai primitiv arc reflex (fig. 17).

• Pe baza cunoştinţelor din clasa a VII-a, descrieţi un arc reflex!

La o simplă atingere a celulelor senzitive din ectoderm se produce contracţia tentaculelor sau a întregului corp.

• Explicaţi de ce un spongier excitat reacţionează mai lent decât o hidră!

La meduze, sistemul nervos prezintă un început de concentrare a celulelor nervoase sub forma unor inele, situate pe marginea umbrelei. O asemenea specializare morfologică permite coordonarea rapidă a mişcărilor de înot.

Sistemul nervos al **platelminţilor** continuă procesul de concentrare întâlnit la celenterate. În plus, apare şi tendinţa de cefalizare, adică constituirea „creierului" în regiunea anterioară, cefalică a corpului, datorită numeroşilor receptori de la acest nivel. După cum observaţi în figura 18, sistemul nervos este alcătuit dintr-o masă de neuroni, concentraţi într-o pereche de ganglioni cerebroizi, situaţi dorsal şi în partea anterioară a corpului. De la aceştia pornesc cordoane nervoase longitudinale care stabilesc legături cu restul reţelei nervoase.

Sistemul nervos al **nematelminţilor** este format dintr-un inel nervos faringian. redus, pe care se găsesc ganglionii nervoşi. De la acest inel pornesc, ventral şi dorsal, cordoane nervoase spre partea posterioară a corpului.

• Pentru studiul sistemului nervos al **anelidelor,** faceţi o disecţie la râmă. Analizaţi şi figura 19!

Anesteziaţi animalul folosind alcool 1–10%, cloroform sau eter. Disecţia se realizează sub apă, incizând animalul puţin lateral, pe linia dorsală. Observaţi o pereche de

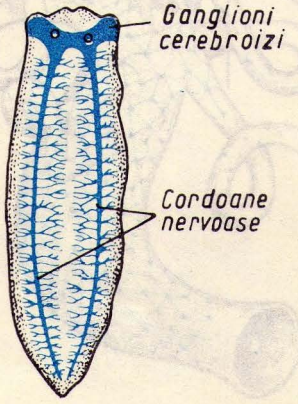


Fig. 18. Sistemul nervos la platelminţi.

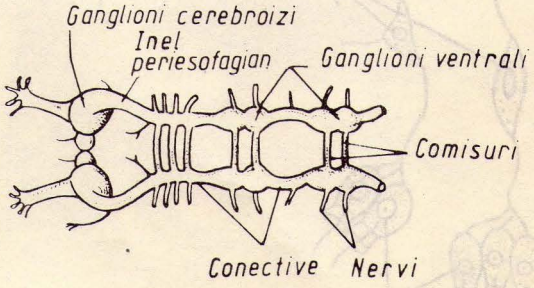


Fig. 19. Sistemul nervos la anelide.

ganglioni cerebroizi şi un inel periesofagian care îi leagă de lanţul ganglionar ventral; se evidenţiază mai bine, pipetând o soluţie slabă de acid azotic. Prin ridicarea tubului digestiv, ventral, observaţi că în fiecare segment se găseşte o pereche de ganglioni. Ganglionii perechi sunt legaţi prin comisuri, iar cei din segmentele vecine, prin conective. Ei constituie *lanţul ganglionar scalariform.*

- Desenaţi lanţul ganglionar!

Din ganglioni pornesc nervi în tegument, muşchi şi la alte organe.

REŢINEŢI ! Sistemul nervos al anelidelor reprezintă o formă mai evoluată, deoarece ganglionii cerebroizi (adevăraţi centri reflecşi) primesc şi prelucrează informaţii de la receptorii situaţi, cu precădere, în zona capului. Controlul nervos cefalic este un control mai rapid şi mai precis în comparaţie cu acela al ganglionilor din segmentele şi reţelele nervoase periferice, care intervin numai în coordonarea unor activităţi locale, mai simple şi mai lente.

La **moluşte,** sistemul nervos a suferit modificări considerabile. Cele patru perechi de ganglioni principali – cerebroizi, pedioşi, pleurali şi viscerali – au o dispoziţie regională, corespunzând unor zone ale corpului (fig. 20). De la ganglioni pornesc mai mulţi nervi la organele de simţ, cap, braţe etc.

La c e f a l o p o d e întreaga masă ganglionară fuzionează într-un „creier" protejat de o cutie craniană cartilaginoasă (fig. 21). Acesta realizează activităţi integrative superioare (forme de comportament complex: de atac, de apărare, alimentar, sexual etc.), precum şi un proces de cefalizare propriu-zis. La moluştele primitive *(Neopilina* şi *Chiton)* sistemul nervos este de tip scalariform, caracter de primitivitate, care le apropie de anelide.

În marea ei varietate, lumea **artropodelor** poate fi considerată relativ omogenă din punct de vedere al structurii sistemului nervos.

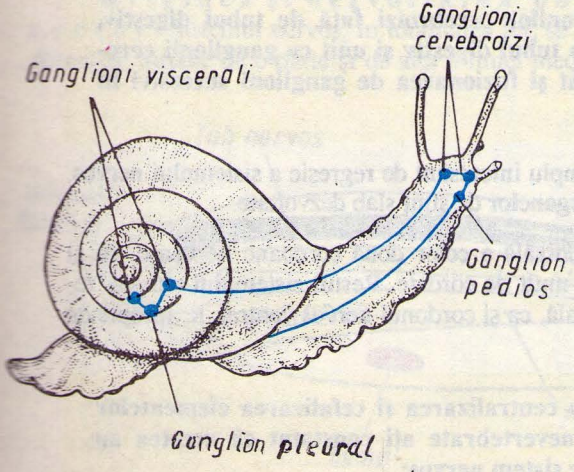


Fig. 20. Sistemul nervos la gastropode.

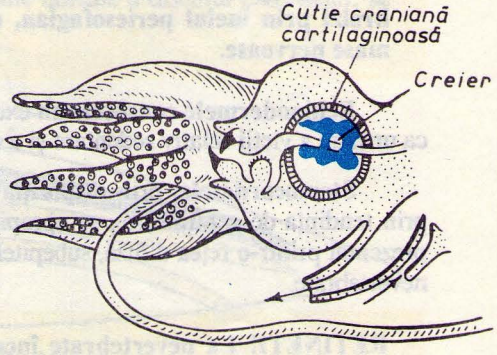


Fig. 21. „Creierul" cefalopodelor.

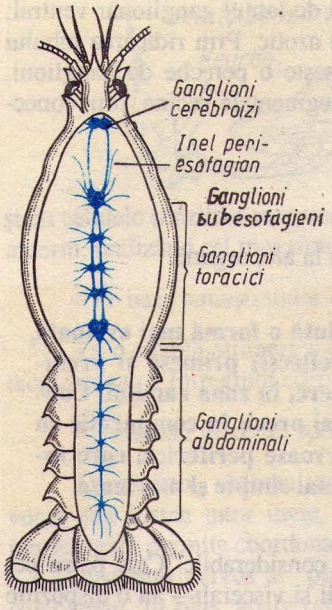


Fig. 22. Sistemul nervos la crustacei.

Sistemul nervos la c r u s t a c e i poate fi studiat pe baza disecției racului de râu și cu ajutorul figurii 22.

● Anesteziați racul cu eter sau cloroform, timp de 10–15 minute, apoi detașați, cu ajutorul unei pense, mușchii toracici și abdominali. În regiunea cefalotoracelui, tăiați cu un foarfece placa endoscheletică sub care se află ganglionii cerebroizi, legați printr-un inel periesofagian de o masă ganglionară subesofagiană. Evidențierea ganglionilor se face picurând peste ei acid azotic 1%. Observați lanțul ganglionar format din cinci perechi de ganglioni toracici și șase perechi de ganglioni abdominali.

La unele a r a h n i d e sistemul nervos se aseamănă mult cu cel al crustaceilor, iar la altele, acesta prezintă un grad înaintat de comasare a ganglionilor nervoși.

La i n s e c t e, sistemul nervos se caracterizează printr-o complexitate deosebită a masei ganglionare cerebroide, provenită din fuzionarea a trei perechi de ganglioni cefalici. În torace și abdomen ganglionii nervoși corespund, în principal, segmentelor toracice și abdominale. La multe specii survine comasarea ultimelor perechi de ganglioni abdominali. La insectele sociale, unii ganglioni se specializează devenind adevărați centri ce coordonează reacții comportamentale complexe (orientare în mediu, căutarea hranei și a partenerilor).

REȚINEȚI! Ceea ce caracterizează sistemul nervos al artropodelor este înaltul său grad de cefalizare, legat de puternica dezvoltare a organelor de simț cefalice, în comparație cu grupele de animale inferioare acestora. Alte elemente esențiale rămân comune celorlalte grupe de nevertebrate (anelide și moluște): poziția dorsală a ganglionilor cerebroizi față de tubul digestiv, lanțul ganglionar ventral situat sub tubul digestiv și unit cu ganglionii cerebroizi prin inelul periesofagian, cât și fuzionarea de ganglioni succesivi în mase nervoase.

Echinodermele constituie un exemplu interesant de regresie a sistemului nervos, ca urmare a vieții relativ sedentare și a organelor de simț slab dezvoltate.

Stomocordatele, prin dispoziția dorsală a celor două cordoane nervoase, ca și prin tendința de centralizare, se apropie mult de cordate. Restul sistemului nervos, reprezentat printr-o rețea difuză, subepitelială, ca și cordonul nervos ventral, le apropie de nevertebrate.

REȚINEȚI! La nevertebrate încep centralizarea și cefalizarea elementelor nervoase. Din studiul animalelor nevertebrate ați constatat că acestea au următoarele tipuri fundamentale de sistem nervos:

– tipul de sistem nervos difuz, cu neuronii interconectați în rețea (celenterate);
– tipul de sistem nervos cefalo-cordonal, caracteristic platelminților;
– tipul de sistem nervos scalariform de la anelide;
– tipul de sistem nervos cu concentrare regională, caracteristic moluștelor;
– tipul de sistem nervos de la artropode, mai evoluat față de anelide, cu mari capacități de coordonare comportamentală la insectele sociale;
– tipul de sistem nervos mult simplificat la echinoderme;
– tipul de sistem nervos al stomocordatelor, care arată legătura cu cordatele.

Sistemul nervos al cordatelor

● Reamintiți-vă principalele grupe de cordate!

La **urocordate,** datorită modului de viață sedentar, sistemul nervos este slab dezvoltat, fiind alcătuit dintr-un ganglion dorsal, situat între cele două sifoane, de la care pleacă nervi.

● După cum observați în figura 23, la **cefalocordate** sistemul nervos este reprezentat printr-un tub nervos, situat deasupra notocordului. În partea anterioară, acesta se dilată formând *vezicula frontală*. Tubul neural se transformă în măduva spinării, de la care pornesc nervi rahidieni, care au o rădăcină dorsală senzitivă și una ventrală, motorie.

● Analizați figura 24 care reprezintă două secțiuni transversale printr-un nevertebrat și un cordat! Care sunt deosebirile?

Sistemul nervos al **vertebratelor** este alcătuit din encefal, măduva spinării (sistemul nervos central), ganglioni și nervi (sistemul nervos periferic). Funcțional, sistemul nervos al vieții de relație asigură legătura organismului cu mediul înconjurător, iar sistemul nervos vegetativ reglează activitatea organelor interne.

Originea și dezvoltarea ontogenetică a sistemului nervos. Sistemul nervos, în totalitatea lui, se dezvoltă din ectoderm. Celulele ectodermului, situate de o parte și de alta a liniei mediane dorsale a discului embrionar, se

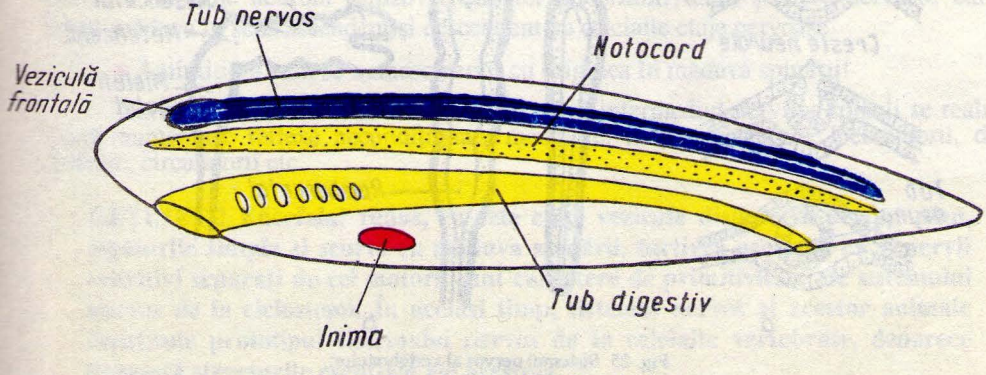


Fig. 23. Sistemul nervos al cefalocordatelor.

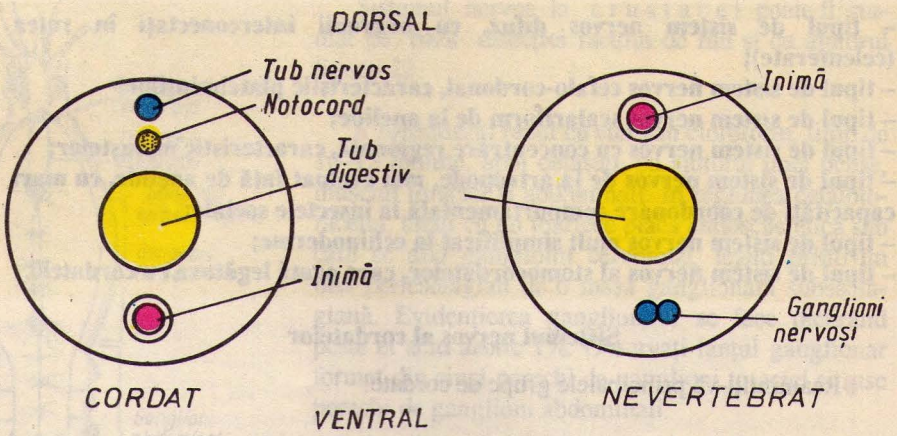


Fig. 24. Secțiuni transversale printr-un nevertebrat și un cordat.

înmulțesc intens și dau naștere unei formațiuni numită *placă neurală* (fig. 25, *a*). Aceasta se scufundă și se transformă într-un *„șanț neural"* care are două răsfrângeri laterale numite *creste neurale*. Marginile șanțului se unesc luând naștere un *tub neural*, deasupra căruia celulele ectodermice refac foița ectodermică. Orificiile de la extremitățile tubului neural se închid. În jumătatea anterioară a acestuia, se formează o *veziculă cerebrală* care se împarte în 3 vezicule: una anterioară, *prozencefalul*, una mijlocie, *mezencefalul* și una posterioară, *rombencefalul*. Într-un stadiu următor, veziculele anterioară și posterioară se segmentează fiecare: prozencefalul se divide în *telencefal* și *diencefal*, iar *rombencefalul*, în *metencefal* și *mielencefal*. Deci, se formează în total cinci vezicule.

Restul tubului neural se va transforma într-un organ caracteristic numit *măduva spinării*.

Crestele neurale se transformă în două benzi paralele cu tubul neural; din ele se vor forma ganglionii nervoși somatici (spinali și cranieni) și vegetativi (simpatici și parasimpatici).

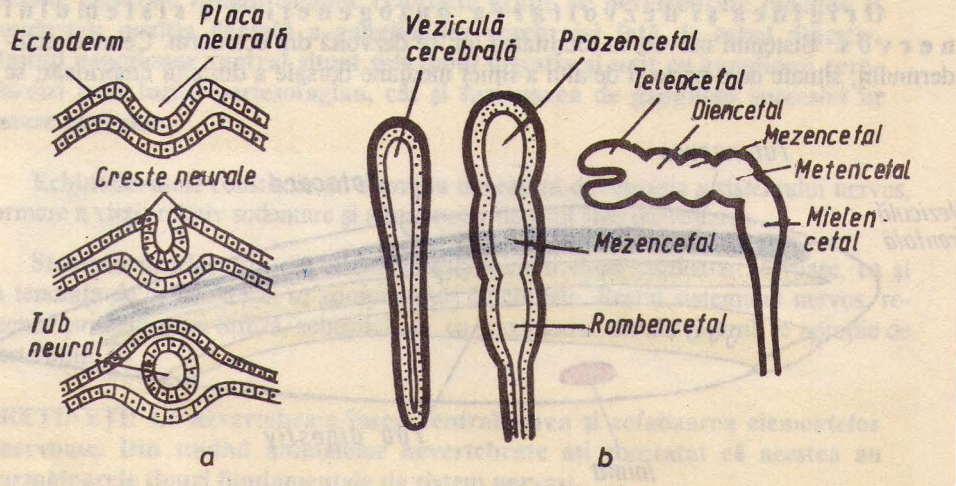


Fig. 25. Sistemul nervos al vertebratelor:
a – originea sistemului nervos; *b* – schema encefalului.

Creierul (encefalul) reuneşte, la toate vertebratele, aşa cum observaţi în figura 25, *b*, următoarele cinci vezicule: *telencefalul* (creierul anterior), *diencefalul* (creierul intermediar), *mezencefalul* (creierul mijlociu), *metencefalul* (creierul posterior) şi *mielencefalul* (bulbul rahidian).

La c i c l o s t o m i, agnate libere sau parazite, cele cinci vezicule ale encefalului sunt dispuse în acelaşi plan, având o dezvoltare egală (fig. 26). Acestea prezintă următoarele particularităţi:

Telencefalul este format din două *emisfere cerebrale* reduse, cu rol olfactiv. În partea ventrală, emisferele prezintă *corpii striaţi* rudimentari, cu funcţii motorii.

Diencefalul reuneşte *talamusul* şi *hipotalamusul*.

Mezencefalul prezintă dorsal doi *lobi optici*, dezvoltaţi, la care ajung fibrele optice de la retină, iar ventral nuclei ai unor nervi cranieni care merg la muşchii globilor oculari.

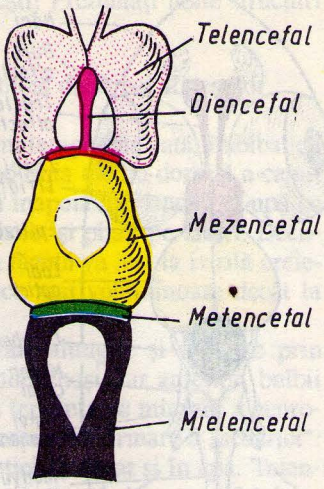


Fig. 26. Encefalul la ciclostomi.

REŢINEŢI! La ciclostomi, mezencefalul constituie centrul suprem de coordonare a întregului sistem nervos, îndeplinind importante funcţii optice şi de menţinere a poziţiei normale a corpului.

Metencefalul (cerebelul), situat înapoia mezencefalului, este redus şi intervine în controlul echilibrului şi al locomoţiei.

Mielencefalul, foarte voluminos, se continuă cu *măduva spinării*; conţine numeroşi centri care controlează mişcarea şi reglează diferite procese fiziologice, ca circulaţia şi respiraţia.

Ciclostomii au 10 perechi de nervi cranieni, dintre care majoritatea au originea în mezencefal şi mielencefal. Nervii liniei laterale au aceeaşi origine. Nervii cranieni recepţionează excitaţii de la organele interne şi din mediul extern, transmiţându-le la centrii nervoşi din organele nervoase. De la centrii respectivi pornesc fibre nervoase către organele efectoare.

Măduva spinării este turtită dorso-ventral, iar substanţa cenuşie, localizată central, conţine neuroni senzitivi (dorsal) şi motori (ventral). Substanţa albă, localizată la periferie, conţine neuroni senzitivi (caracter de primitivitate) şi fibre nervoase care leagă măduva în sens ascendent şi descendent cu celelalte etaje nervoase.

• Amintiţi-vă cum se numesc nervii cu originea în măduva spinării!

Nervii spinali sunt senzitivi şi motori. Prin intermediul nervilor spinali se realizează numeroase reflexe necondiţionate medulare: tonice, posturale, locomotorii, de apărare, circulatorii etc.

REŢINEŢI! Encefalul redus, cu cele cinci vezicule dispuse în acelaşi plan, legăturile simple şi scurte cu măduva spinării, turtirea acesteia, ca şi nervii senzitivi separaţi de cei motori, sunt caractere de primitivitate ale sistemului nervos de la ciclostomi. În acelaşi timp, sistemul nervos al acestor animale constituie prototipul sistemului nervos de la celelalte vertebrate, deoarece prezintă structurile esenţiale ale acestuia.

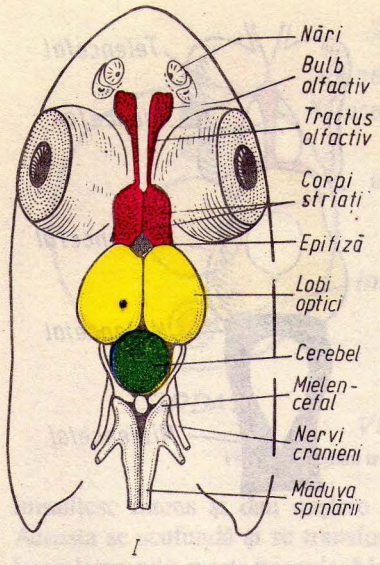


Fig. 27. Encefalul peştilor (dorsal).

Sistemul nervos de la p e ş t i prezintă o mare varietate de forme, determinate de condiţiile de viaţă diferite.

●Ţineţi peştele cu abdomenul în jos. Cu ajutorul foarfecelui, îndepărtaţi oasele bolţii craniene, realizând o deschidere ca o fereastră. Encefalul este mic şi nu umple întreaga cutie craniană. Observaţi morfologia fiecărei vezicule şi comparaţi-le. Ajutaţi-vă de figura 27.

Telencefalul nu se remarcă printr-o dezvoltare evidentă. La peştii cartilaginoşi emisferele sunt mari, cu şanţul interemisferic slab evidenţiat; la ceilalţi peşti, emisferele sunt reprezentate aproape exclusiv prin corpii striaţi. Ce rol au? La toţi peştii, în partea anterioară a telencefalului se află *doi lobi olfactivi,* care se continuă cu tractusurile şi bulbii olfactivi. Deci, marea dezvoltare a componentelor olfactive arată că telencefalul acestor animale are, în primul rând, un rol senzorial olfactiv; distrugerea lui duce la pierderea olfacţiei.

Diencefalul este mic. Dintre componentele diencefalului, epifiza şi talamusul sunt foarte reduse. La peştii cu simţul văzului dezvoltat apar *corpii geniculaţi laterali,* două mase de substanţă cenuşie în care fac staţie o parte din fibrele optice. De la aceştia, impulsuri nervoase ajung la mezencefal. Hipotalamusul este cea mai dezvoltată parte a diencefalului de la peşti.

Mezencefalul depăşeşte în dimensiuni toate celelalte părţi ale creierului, îndeplinind aceleaşi funcţii ca şi la ciclostomi. Dorsal, prezintă doi lobi optici, voluminoşi (mai ales la peştii răpitori), la care sosesc fibre optice, şi doi nuclei la care vin excitaţii de la urechea internă şi de la linia laterală; deci, are funcţii vizuale şi statice, dirijând şi mobilitatea înotătoarelor. Lobii optici se dezvoltă şi la celelalte grupe de vertebrate.

Metencefalul (cerebelul) este relativ voluminos. Mişcările complexe ale peştilor răpitori au dus la o dezvoltare mai mare a acestuia.

Mielencefalul este asemănător celui de la ciclostomi; prezintă, în plus, şi centrii care controlează activitatea celulelor tegumentare, încărcate cu pigmenţi, răspunzătoare de coloraţia corpului.

Pe laturile creierului se disting rădăcinile celor 10 perechi de nervi cranieni.

Măduva spinării are formă cilindrică. Caracteristic pentru peşti este dispariţia celulelor senzitive din substanţa albă şi apariţia *nervilor spinali micşti,* la fel ca la celelalte vertebrate.

REŢINEŢI! Sistemul nervos al peştilor se caracterizează prin mezencefal mare, hipotalamus cu structură mai complexă şi cerebelul, de cele mai multe ori, foarte dezvoltat. Mezencefalul reprezintă zona de integrare superioară, coordonând activitatea comportamentală instinctuală.

● Comparaţi măduva spinării de la ciclostomi şi peşti! Prezentaţi noile structuri apărute în sistemul nervos al peştilor!

Sistemul nervos al a m f i b i e n i l o r este mai evoluat decât cel al peştilor.

● Introduceţi broasca într-un borcan în care se află un tampon de vată, îmbibat cu cloroform sau eter etilic. După anestezie, faceţi o incizie pe linia medio-dorsală a capului. Perpendicular, se mai face o tăietură pe o linie situată înapoia timpanelor. După ce aţi secţionat în formă de T, desprindeţi tegumentul de schelet şi pliaţi pe laturi. Decupaţi cu un foarfece bolta cutiei craniene. Prin deschiderea făcută va ieşi la iveală creierul. Pe faţa dorsală observaţi cele cinci vezicule encefalice mai voluminoase decât la peşti şi dispuse tot în acelaşi plan (fig. 28).

Telencefalul este format din două emisfere cerebrale alungite şi separate prin şanţul interemisferic. La baza lor se află corpii striaţi, voluminoşi, iar anterior, bulbii olfactivi. Pentru prima dată în evoluţia vertebratelor apare tendinţa de migrare a neuronilor către periferia emisferelor cerebrale, sugerând un început de formare a „scoarţei". Corpii striaţi asigură coordonarea fină şi precisă a locomoţiei pe uscat şi în apă. Telencefalul este conectat prin fibre nervoase cu talamusul, hipotalamusul şi mezencefalul.

Diencefalul prezintă epifiza dorsal şi talamusul care conţine nuclei, ce primesc exclusiv fibre optice şi, pentru prima dată în seria animală, fibrele care pornesc de la ei ajung la emisfere. Hipotalamusul îndeplineşte rol coordonator al funcţiilor vegetative.

Mezencefalul constituie un centru foarte important pentru recepţionarea excitaţiilor vizuale, auditive şi statice, cât şi pentru elaborarea unor impulsuri motorii, transmise la bulb şi măduvă.

Metencefalul prezintă, în general, aceleaşi caracteristici ca la peşti, dar este mai redus, ca urmare a mişcărilor mai simple efectuate de aceste animale.

Mielencefalul este asemănător cu cel de la peşti, în plus se dezvoltă nucleul nervului acustic, care primeşte informaţii auditive, şi nucleii vestibulari cu rol de echilibru, ca urmare a reducerii liniei laterale.

Nervii cranieni sunt în număr de 10 perechi.

● Efectuaţi o secţiune sub bulb. Ce constataţi?

Măduva spinării are formă cilindrică, ocupând tot canalul vertebral la formele inferioare. La amfibienii superiori măduva este scurtă şi se termină printr-o „coadă de cal", rezultată din asocierea nervilor spinali din regiunea codală. Dezvoltarea membrelor cu funcţii motorii mai complexe a determinat apariţia unor centri nervoşi mai dezvoltaţi în regiunile cervicală şi toraco-sacrală. Nervii spinali sunt asemănători ca dispoziţie metamerică şi structură cu cei de la peşti, reptile, păsări şi mamifere.

● Comparaţi encefalul amfibienilor cu encefalul peştilor, analizând preparatele în lichid şi mulajele din colecţia şcolii. Precizaţi asemănările şi deosebirile!

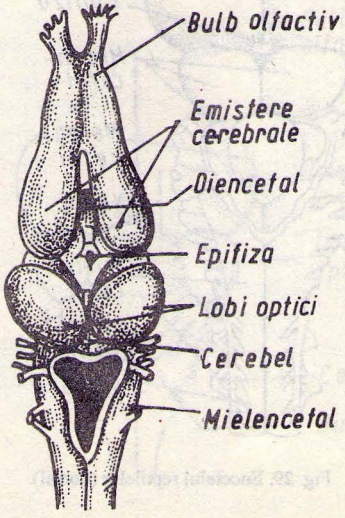


Fig. 28. Encefalul la amfibieni (dorsal).

REȚINEȚI! Sistemul nervos al amfibienilor anunță dezvoltarea creierului vertebratelor terestre dar, pe de altă parte, existența nervilor liniei laterale, apărută în timpul dezvoltării larvare, precum și prezența ei la unele forme inferioare, (urodele), amintește sistemul nervos al vertebratelor acvatice inferioare.

• Studiați encefalul reptilelor din preparatele în lichid și din mulajele aflate în colecția școlii!

Telencefalul are o mare dezvoltare, acoperind parțial diencefalul. La majoritatea reptilelor, cele două emisfere se prelungesc la partea anterioară cu bulbii olfactivi.. Pentru prima dată în seria vertebratelor apare scoarța cerebrală cu două straturi de neuroni: stratul superficial, cu rol senzitiv și stratul piramidal (profund), cu rol motor. Corpii striați sunt bine dezvoltați, îndeplinind atât funcții senzitive (de a recepționa excitațiile) cât și motorii (de transmitere a comenzilor la efectori). Conexiunile telencefalului cu etajele inferioare sunt mai complexe decât la pești și amfibieni.

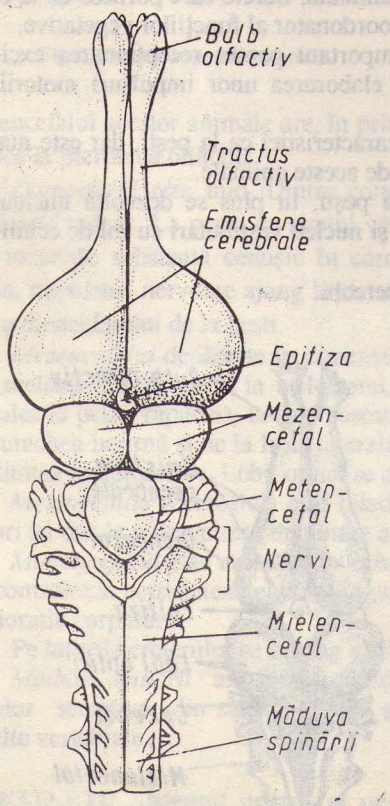


Fig. 29. Encefalul reptilelor (dorsal).

Diencefalul demonstrează o evoluție progresivă. El este acoperit dorsal, în cea mai mare parte, de emisferele cerebrale. Conține epifiza* și talamusul. Acesta este mai dezvoltat decât la pești și amfibieni, și servește drept stație intermediară pentru fibrele nervoase ascendente prin care se transmit impulsurile spre telencefal. Hipotalamusul se dezvoltă foarte mult.

Mezencefalul este bine dezvoltat. El se caracterizează prin conturarea mai precisă a tuberculilor bigemeni posteriori, stații ale căilor auditive, și a tuberculilor bigemeni anteriori care coordonează reflexele de orientare vizuală a capului. Pe scară evolutivă, mezencefalul reptilelor se plasează pe o treaptă superioară și prin apariția, pentru prima dată a *nucleului roșu*, formațiune de substanță cenușie care controlează tonusul muscular, diminuându-l.

Lobii optici, voluminoși, au aceleași funcții ca și la amfibieni.

* Epifiza îndeplinește funcție senzorială, legată de recepționarea semnalelor luminoase.

Metencefalul, în general redus (cu excepţia crocodililor şi chelonienilor), prezintă trei lobi, existenţi şi la păsări şi mamifere. În structura sa apar, pentru prima oară, *nucleii intracerebeloşi* cu rol în controlul echilibrului, tonusului muscular şi al coordonării mişcărilor.

Mielencefalul nu prezintă deosebiri esenţiale faţă de amfibieni.

Începând cu reptilele, nervii craniei sunt în număr de 12 perechi.

Măduva spinării, de formă cilindrică, este uniformă la şerpi, prezintă dilatări cervicale şi lombare la şopârle şi crocodili.

• Prezentaţi structurile nervoase apărute pentru prima oară la reptile. Arătaţi cauza apariţiei acestora!

REŢINEŢI! Sistemul nervos al reptilelor prezintă o perfecţionare şi complicare care constă în apariţia celor trei curburi ale encefalului, mărimea emisferelor cerebrale, apariţia scoarţei cerebrale şi a nucleului roşu.

Encefalul p ă s ă r i l o r, după cum observaţi în figura 30, este mult mai dezvoltat decât al reptilelor, atât în ceea ce priveşte volumul, cât şi în complexitatea structurală şi funcţională. Această dezvoltare se datoreşte mişcărilor variate ale păsărilor, determinate de mediul în care trăiesc.

Telencefalul este foarte voluminos, datorită unei adevărate hipertrofii a corpilor striaţi care, alături de talamusul optic, reprezintă cei mai evoluaţi centri de legătură şi de coordonare. Comportamentul instinctiv (construirea cuibului, clocitul) şi întreaga motricitate sunt coordonate de acest complex „talamo-striat". Emisferele sunt bine dezvoltate, de formă triunghiulară, au bulbi olfactivi foarte reduşi, deoarece aceste animale au, în general, simţul mirosului slab. Scoarţa cerebrală este încă puţin dezvoltată.

Diencefalul este acoperit parţial (în partea dorsală), de emisferele cerebrale. Epifiza este voluminoasă, având rol de glandă cu secreţie internă, talamusul şi hipotalamusul dobândesc o mare dezvoltare, conţinând numeroşi nuclei de substanţă cenuşie, al căror rol devine şi mai complex.

Mezencefalul prezintă doi lobi optici bine dezvoltaţi, deplasaţi lateral. Ei sunt în legătură cu rolul important al simţului vizual la aceste animale. Sub lobii optici se găsesc *nucleii spiriformi*, particulari păsărilor, cu rol în coordonarea mişcărilor oculare şi somatice, în general. Nucleul roşu este mai bine dezvoltat decât la reptile, intervenind în reglarea tonusului musculaturii membrelor.

Metencefalul este foarte dezvoltat, în legătură cu adaptarea păsărilor la zbor. Cerebelul prezintă o porţiune centrală, brăzdată de şanţuri transversale – vermisul – şi două formaţiuni conice laterale. La păsări se conturează pedunculii cerebeloşi superiori, prin care se face legătura cu mezencefalul. Cerebelul păsărilor reglează menţinerea tonusului muscular, coordonând mişcările complexe.

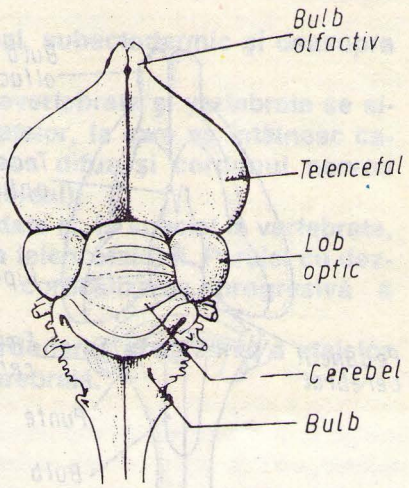


Fig. 30. Encefalul de la porumbel (dorsal).

Rolul cerebelului se poate demonstra prin leziuni experimentale aplicate unui porumbel. Extirparea unilaterală a acestui organ nervos duce la dispariţia tonusului muscular şi la mişcări necontrolate. După câteva săptămâni, animalul îşi redobândeşte capacitatea funcţională normală.

Mielencefalul este parţial acoperit de cerebel. Două mase de substanţă cenuşie numite *olive bulbare* sunt dezvoltate, în legătură cu adaptarea păsărilor la zbor. La păsările acvatice apar olivele secundare care reglează mişcările de înot.

Măduva spinării se distinge prin alungirea regiunii cervicale şi existenţa umflăturilor din regiunea brahială şi lombară.

● Prezentaţi caracterele comune ale sistemului nervos la reptile şi păsări!

REŢINEŢI! Encefalul păsărilor se caracterizează prin creşterea remarcabilă a creierului mare, a lobilor optici şi cerebelului, în care se dezvoltă structuri asociate simţului văzului, stato-acustic şi locomoţiei. Dezvoltarea inegală a celor cinci vezicule determină curburile axului cerebral, mai pronunţate ca la reptile.

La m a m i f e r e (fig. 31), mediul de viaţă foarte variat (terestru, acvatic, subteran) şi comportamentul complex al acestora au determinat o complicare anatomo-fiziologică a encefalului.

Telencefalul, partea cea mai voluminoasă şi mai importantă din punct de vedere funcţional, este reprezentat prin emisferele cerebrale şi corpii striaţi. Emisferele, separate prin scizura interemisferică, acoperă dorsal şi lateral cea mai mare parte din restul creierului. La mamiferele inferioare (monotreme, marsupiale, mamifere insectivore) suprafaţa lor este netedă sau puţin ondulată. La carnivore şi primate, emisferele prezintă circumvoluţiuni cerebrale. Emisferele cerebrale ating maximum de dezvoltare, iar scoarţa cerebrală are o structură complexă, fiind formată din mai multe straturi de celule nervoase. În scoarţa cerebrală au fost evidenţiate trei categorii de zone: senzitive, motorii şi de asociaţie. Zonele senzitive primesc informaţii senzoriale: vizuale, auditive, gustative, termice, dureroase etc. Zonele motorii sunt acelea de la care pornesc comenzi spre organele efectoare (muşchi, glande). La mamiferele inferioare, din aceste zone motorii se declanşează comenzi ale mişcărilor grosolane şi, într-o mică măsură, a mişcărilor fine. Pe măsura evoluţiei mamiferelor (la primate şi om) se realizează un control motor cortical tot mai accentuat. Din zonele motorii pornesc fibre nervoase care alcătuiesc calea motorie voluntară (calea piramidală) – nouă la mamifere. Calea motorie involuntară (calea extrapiramidală), mai veche, este prezentă şi la celelalte vertebrate. Zonele de asociaţie asigură formele cele mai evoluate de activitate comportamentală, psihică, de

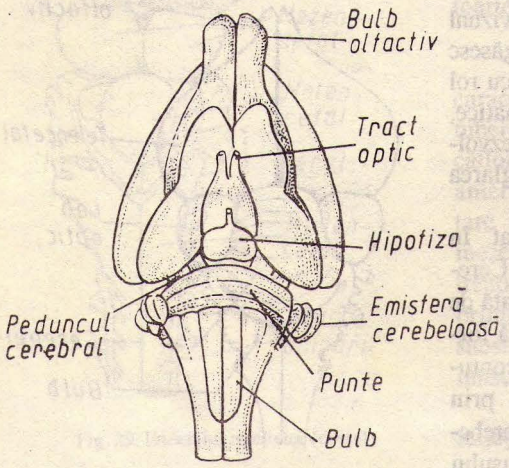


Fig. 31. Encefalul la şobolan (ventral).

tipul învățării și, în cele din urmă, al gândirii umane. Corpii striați sunt bine dezvoltați și îndeplinesc multiple funcții: reglarea tonusului mușchilor flexori și extensori, menținerea echilibrului în locomoție și în mișcările de mare finețe și precizie.

Diencefalul se află inclus în interiorul telencefalului, între corpii striați. Talamusul conține numeroși nuclei senzoriali de ultimă stație care furnizează cortexului cerebral diferite informații senzoriale (vizuale, auditive, termice etc.). Datorită relațiilor complexe dintre nucleii talamusului se pot realiza acte superioare comportamentale, cum sunt cele legate de căutarea hranei și a jocurilor. De asemenea, hipotalamusul conține nuclei cu funcții vegetative, dintre care nucleul mamilar este nou pentru mamifere. Rolul fiziologic al hipotalamusului este complex. El reglează temperatura corporală a păsărilor și mamiferelor, consumul de apă și hrană, somnul și veghea, respirația, circulația etc. Funcția coordonatoare a hipotalamusului se află sub influența scoarței cerebrale.

Mezencefalul, spre deosebire de cel al celorlalte vertebrate, prezintă pedunculii cerebrali, *tuberculii bigemeni anteriori* care recepționează mesaje vizuale de orientare spre sursele de lumină și *tuberculii bigemeni posteriori* – caracteristici mamiferelor – care recepționează mesaje auditive de orientare spre sursele sonore. Pe lângă nucleii roșii, mezencefalul mai conține și *substanța neagră*, apărută pentru prima oară la mamifere. Cele două formațiuni participă la coordonarea mișcărilor de abilitate a membrelor.

Metencefalul, la mamifere, atinge o dezvoltare foarte mare. Cerebelul prezintă emisferele cerebeloase, cu rol stimulator asupra tonusului muscular.

Mielencefalul suferă cele mai puține modificări față de celelalte grupe. Acesta controlează activitatea unor organe care realizează funcții importante, cum sunt: salivația, deglutiția, circulația, respirația, tonusul muscular, echilibrul, locomoția etc.

Măduva spinării este asemănătoare celei de la om.

TEME

– Urmăriți figura 32 care reprezintă secțiunea sagitală în encefalul vertebratelor. Notați pe caiete tipul de encefal (*1–5*) și denumirea veziculelor componente.

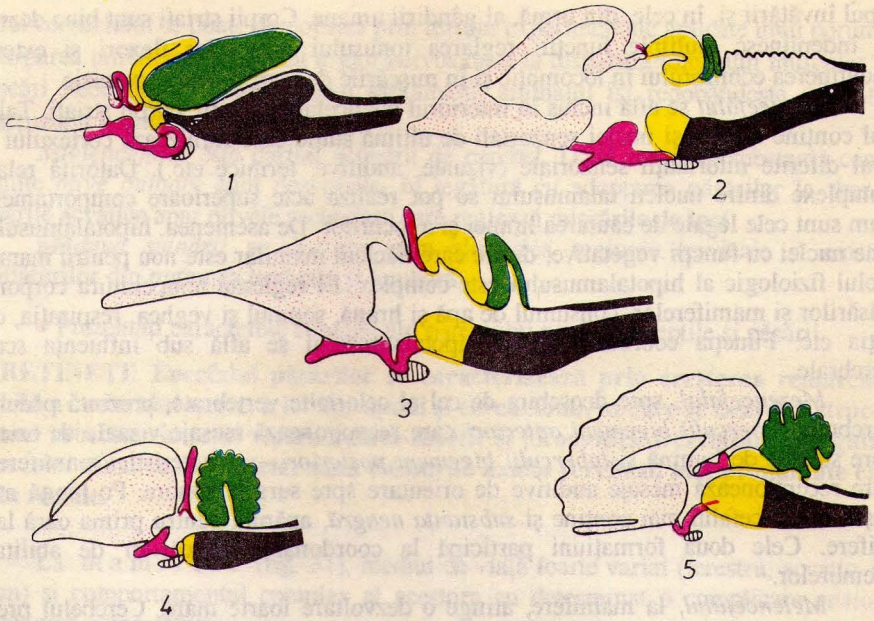


Fig. 32. Encefalul de la vertebrate (secţiune sagitală):
1 . . . ; 2 . . . ; 3 . . . ; 4 . . . ; 5 . . . .

– [illegible].

– Copiaţi şi completaţi tabelul următor cu formaţiunile nervoase caracteristice (nou apărute) la peşti, amfibieni, reptile, păsări şi mamifere.

Grupa de animale	Formaţiunile nervoase [illegible]
Peşti	
Amfibieni	
Reptile	
Păsări	
Mamifere	

Bazele fiziologice ale comportamentului animal

Ştiinţa care cercetează formele comportamentului caracteristic diferitelor speci de vieţuitoare se numeşte **etologie.**

Cercetarea etologică a scos la iveală o diversitate impresionantă de comporta mente, cum sunt: comportamentul alimentar, de apărare, comportamentul sexual, com portamentul social, locomoţia, capacitatea de orientare şi migraţiile, activităţile d construire a adăposturilor etc. În toate aceste exemple, fenomenul comportamental s distinge prin complexitate, exprimată prin întrepătrunderea a ceea ce este *înnăscu* (instinctiv) şi ceea ce este *dobândit* (învăţat) în cursul experienţei individuale.

Întrucât unele dintre aceste comportamente vă sunt cunoscute din clasele ante rioare, urmăriţi cu atenţie următoarele exemple:

– Comportamentul alimentar este primul care se manifestă în decursul existenţei organismelor. La majoritatea animalelor vertebrate, noua fiinţă îşi caută hrana cu o precizie uimitoare, cu toate că nu are nici o experienţă de viaţă. Aici, ponderea actelor instinctive depăşeşte cu mult pe cea dobândită prin învăţare. La unele mamifere şi în special la om – puii care se nasc sunt nişte fiinţe neajutorate care, dacă nu sunt hrăniţi de părinţi, mor de foame. În această situaţie, nou-născutul trebuie să „înveţe".

– Comportamentul de apărare, ca şi cel alimentar, este prezent la multe specii încă de la naştere. La unele insecte, reptile (şopârlă), comportamentul de apărare este foarte dezvoltat.

– Comportamentul sexual apare în decursul dezvoltării ontogenice mai târziu şi dispare primul; la unele insecte este atât de efemer încât se manifestă numai o singură dată în viaţa acestora. La o mare parte din animale, viaţa sexuală este periodică: femela primeşte masculul numai în anumite perioade ale anului, de împerechere sexuală, „nupţiale" sau de „rut"

– Comportamentul social asigură organizarea „socială" în familii, colonii, stoluri, cârduri etc. a multor specii de animale (albine, pinguini, elefanţi, delfini, maimuţe etc.). Esenţial în acest tip de comportament este funcţionarea unui sistem de comunicare între indivizi, care să poată sincroniza reacţiile acestora.

Capacităţile de învăţare diferă în cadrul diferitelor grupe. La nevertebrate, cele mai mari posibilităţi în acest sens le au cefalopodele şi insectele, iar la vertebrate, mamiferele – şi, în cadrul acestora, desigur omul.

Pentru toate formele de comportament, mecanismele de producere şi menţinere ale acestora sunt controlate de către sistemul nervos şi glandele endocrine. Astfel, la greieri şi lăcuste, controlul emisiunii sonore este exclusiv nervos, având unii centri în creier şi alţii în ganglionii toracici. De asemenea, cefalopodele au în creierul lor o structură bine dezvoltată care îndeplineşte rol similar.

La vertebratele inferioare (peşti, amfibieni şi reptile), care au emisferele cerebrale slab dezvoltate, forma superioară de integrare nervoasă se realizează la nivelul diencefalului.

La vertebratele superioare şi la om, diferitele comportamente depind de segmente nervoase foarte evoluate şi interconectate, cum sunt hipotalamusul, neocortexul etc.

Procesele nervoase care stau la baza organizării comportamentelor, a psihicului, constituie activitatea nervoasă superioară.

Omul – prin prezenţa celui de-al doilea sistem de semnalizare – limbajul uman – realizează comportamente de mare superioritate faţă de animale. Ceea ce caracterizează comportamentul uman este reducerea rolului componentei înnăscute şi creşterea celei dobândite. Omul este acela care poate şi trebuie să-şi frâneze şi corecteze instinctele prin acte de voinţă, printr-o gândire raţională.

TEME

– Daţi exemple de modalităţi de comunicare ale diferitelor specii. Comparaţi-le cu mijlocul de comunicare dintre oameni.

– Daţi exemple de comportamente, precizând componenta instinctuală şi pe cea învăţată.

1.2. ORGANELE DE SIMȚ ÎN SERIA ANIMALĂ

Organismele animale recepționează din mediul extern și intern stimuli (semnale) mecanici, chimici, termici, acustici, vizuali etc. Stimulii sunt percepuți la nivelul receptorilor și transmiși la centrii nervoși, unde au loc analiza, sinteza, compararea și asocierea, deci integrarea lor. Pentru cele mai multe organisme, rezultatul integrării este formarea senzațiilor caracteristice sau elaborarea unor răspunsuri care sunt transmise pe căi nervoase, în special sistemului muscular și glandular.

În funcție de natura excitanților, se disting mai multe tipuri de sensibilități: chemorecepția, mecanorecepția și fotorecepția.

CHEMORECEPȚIA

Chemorecepția (sensibilitatea chimică) se realizează sub mai multe forme: sensibilitatea chimică generală, gustativă și olfactivă.

Chemorecepția la nevertebrate

La **protozoare,** întreaga citoplasmă posedă sensibilitate față de substanțele chimice din mediu, animalele efectuând mișcări de apropiere sau depărtare față de excitant.

● Pe o lamă de sticlă puneți o picătură din cultura de parameci, la marginea căreia așezați un cristal de clorură de sodiu. Observați că, pe măsură ce sarea se dizolvă și soluția devine tot mai concentrată, paramecii se depărtează. Ce concluzie se desprinde din această experiență?

La **celenterate,** celulele chemoreceptoare, reprezentate prin celule senzitive ectodermice, sunt răspândite pe tot corpul, dar mai concentrate pe tentacule.

● Urmăriți cu lupa sau la microscop o hidră pusă pe o sticlă de ceas, în care se toarnă o soluție diluată de acid acetic. Ce constatați?

Ca urmare a diversificării mediului de viață, viermii prezintă o diferențiere mai mare a chemoreceptorilor: la **platelminți** sunt celulele epidermice cu cili sau flageli, la **nematelminți,** celule senzitive ciliate cu rol olfactiv și gustativ, iar la **anelide,** gropițe cuticulare cu rol chimic-olfactiv.

La **moluște** apare specializarea în chemoreceptori de contact sau gust și de distanță sau olfactivi. Aceștia se prezintă sub formă de celule senzoriale ciliate și celule glandulare, grupate în gropițe olfactive. Prin acești receptori localizați pe tentacule, buze, brațe bucale, branhii sau în cavitatea paleală, moluștele reacționează la natura și concentrația substanțelor chimice.

La **artropode,** chemoreceptorii sunt și mai mult diferențiați, variind ca structură la diferitele grupe: la păianjeni există fante ale epiteliului în care pătrund prelungiri ale celulelor senzoriale, la crustacei – peri senzoriali situați pe corp și apendice sau tuburi

olfactive pe antene, iar la insecte – organe olfactive situate pe antene şi apendice (fig. 33).

Multe nevertebrate terestre şi, în special, **insectele** (albinele, furnicile, fluturii) au capacitatea de a recepţiona informaţiile de tip gustativ, prezentând o importanţă deosebită în comportamentul alimentar. Tot la insecte, simţul mirosului este foarte bine dezvoltat, informaţiile olfactive având importanţă mai mare (alimentară, sexuală, de recunoaştere a indivizilor etc.). La fluturi şi albine, unul din mijloacele de comunicare între indivizi este acela al emiterii unor substanţe numite *feromoni*, a căror prezenţă este recepţionată pe cale olfactivă.

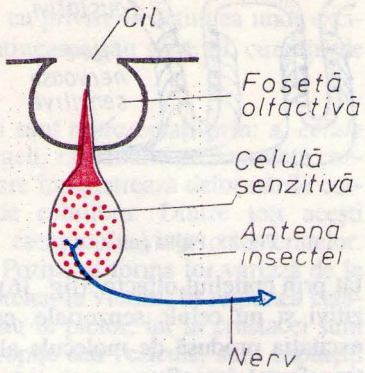


Fig. 33. Organul olfactiv la insecte.

Sensibilitatea chemoreceptivă de natură olfactivă este întâlnită şi la **echinoderme**, dar mult mai redusă decât cea de la insecte.

● Explicaţi care este cauza slabei sensibilităţi chemoreceptive de la echinoderme!

REŢINEŢI! La nevertebrate, cu excepţia insectelor, nu se poate face o distincţie netă între formaţiunile care realizează sensibilităţile olfactivă şi gustativă. La insecte există formaţiuni specializate anatomic şi funcţional.

Chemorecepţia la vertebrate

Sensibilitatea gustativă. Gustul este unul din simţurile cele mai primitive, fiind prezent la toate vertebratele. Structurile caracteristice sunt mugurii gustativi (fig. 34), care recepţionează substanţele sapide (cu gust), dizolvate în apă sau salivă.

La vertebratele inferioare **(ciclostomi, peşti)** mugurii gustativi sunt localizaţi pe suprafeţe mai mari, fiind prezenţi în cavitatea bucală, pe buze şi mustăţi, în faringe şi esofag şi chiar pe toată suprafaţa corpului.

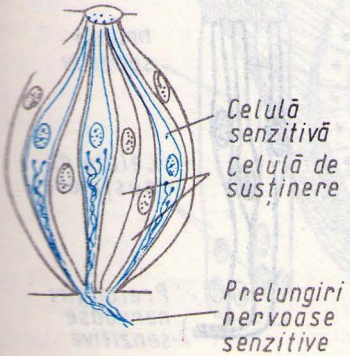


Fig. 34. Mugure gustativ.

Ca urmare a adaptării la mediul terestru şi a unui mod de nutriţie mai variat, receptorii gustativi ai **amfibienilor** sunt localizaţi pe limbă, în cavitatea bucală şi faringe; la anure, aceştia se află şi în tegument.

Reptilele au o sensibilitate gustativă slabă, receptorii unor specii fiind localizaţi pe limbă şi plafonul bucal. Şerpii nu au receptori gustativi. Motivaţi lipsa acestora!

La păsări receptorii gustativi sunt situaţi exclusiv în cavitatea bucală şi pe limbă, iar simţul gustului este mai redus ca la mamifere.

Chemoreceptorii gustativi ai **mamiferelor** sunt localizaţi exclusiv în cavitatea bucală.

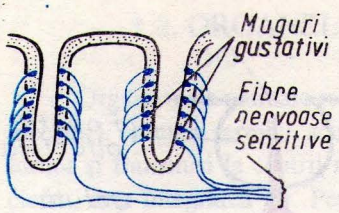


Fig. 35. Papilă gustativă.

îndeosebi pe limbă. Mugurii lor gustativi sunt asociaţi în agregate proeminente – papile gustative – la care vin fibre ale unor nervi cranieni.

•Observaţi structura unei papile gustative, reprezentată schematic în figura 35.

Sensibilitatea olfactivă. Prezent la toate vertebratele, organul olfactiv are o structură relativ asemănătoare. Receptorul, reprezentat prin epiteliul olfactiv (fig. 36) care căptuşeşte cavităţile nazale, conţine neuroni senzitivi şi nu celule senzoriale, ca la celelalte organe de simţ. Aceştia recepţionează excitaţia produsă de molecule ale substanţelor volatile vehiculate prin aer sau apă, o transformă în influx nervos şi o transmit sistemului nervos central, pe calea nervului olfactiv.

Alături de simţul gustului, organul olfactiv are rol în aprecierea calităţii alimentelor, depistând substanţele mirositoare şi eventual nocive.

Ciclostomii au o singură fosă nazală care comunică cu exteriorul printr-o singură narină, iar la peşti şi tetrapode există două fose nazale ce se deschid la exterior prin două nări. La **peşti,** acuitatea simţului olfactiv este foarte variată: cu miros slab (ştiuca şi crapul) şi cu miros puternic şi foarte puternic (somnul, anghila).

La **amfibieni,** mucoasa care căptuşeşte cavitatea nazală conţine celule nervoase care percep substanţele mirositoare.

Comparativ cu amfibienii, mucoasa olfactivă a **reptilelor** este mai dezvoltată, deci şi simţul lor olfactiv. Aşa de exemplu, şerpii găsesc cuiburile de ouă ale păsărilor după miros.

În general, la **păsări,** simţul mirosului are un rol secundar. La răpitoarele de zi şi la unele păsări terestre, mirosul este bine dezvoltat, dar la cele care se hrănesc cu seminţe (granivore) este foarte redus. Fosele nazale încep cu nările, dispuse pe cioc şi se termină cu coanele, orificii situate pe plafonul bucal. Epiteliul olfactiv este redus.

Sensibilitatea olfactivă a **mamiferelor** este diferită: unele, – cum sunt mamiferele de pradă sau căprioarele, au simţul mirosului extrem de dezvoltat; focile,cetaceele şi primatele au simţul olfactiv redus. Cavitatea nazală a unor mamifere este complet separată de cea bucală. Ea comunică cu exteriorul prin nări, iar cu cavitatea bucală, prin coane. De asemenea, fosele nazale prezintă numeroase cute care determină creşterea suprafeţei epiteliului olfactiv. Propagarea influxului nervos de la nivelul mucoasei olfactive se face prin nervul olfactiv, format din axonii neuronilor din mucoasa olfactivă. Aceştia conduc informaţiile la bulbii olfactivi, lobii olfactivi şi emisferele cerebrale, unde se transformă în senzaţii de miros.

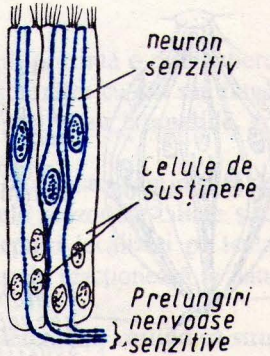


Fig. 36. Epiteliul olfactiv.

MECANORECEPȚIA

Prin mecanorecepție se înregistrează informații cu privire la acțiunea unor excitanți, ca: forța gravitațională, variațiile de presiune, atingerea sau pipăitul, curenții de apă sau de aer, vibrațiile sonore etc.

– La **nevertebrate,** mecanoreceptorii sunt reprezentați prin: **a.** *celule senzoriale,* cu rol tactil, care prezintă peri, cili sau flageli, răspândite pe suprafața corpului sau numai în anumite zone; **b.** *proprioceptori* care înregistrează deformările corpului din timpul mișcării; **c.** *statocişti,* organe de echilibru. Dintre toți acești mecanoreceptori, statociștii (fig. 37) îndeplinesc rol esențial în viața celenteratelor, viermilor, moluștelor, crustaceilor și echinodermelor. Poziția și forma lor variază de la grup la grup: la meduze sunt așezați pe marginea umbrelei, la viermi, în regiunea cefalică, la moluște, în preajma ganglionilor cerebroizi sau în picior, iar la crustacei sunt situați la baza antenelor. Statociștii, de forma unor gropițe sau vezicule, sunt căptușiți cu un epiteliu ciliat, având înăuntru una sau câteva grăuncioare solide de carbonat de calciu *(statolite),* care plutesc într-o masă gelatinoasă. Statociștii sunt organe de echilibru, asigurând poziția normală și orientarea animalului prin recepționarea schimbărilor poziției corpului.

La **moluște și crustacei,** statociștii sunt formați din vezicule cu pereți ce pot recepționa nu numai schimbările de poziție ale corpului, ci și vibrațiile mediului și se numesc *otocişti,* iar grăuncioarele, *otolite* (fig. 38). Otocistul este primul receptor auditiv în seria animală.

Insectele au organe de percepere sonoră, reprezentate prin organe timpanale și peri senzoriali. În structura organului timpanal intră membrane capabile să oscileze la vibrațiile sonore. Ele se întâlnesc la insectele cântătoare (greieri, lăcuste etc.). Astfel, greierii recepționează sunete de 300–800 Hz, iar lăcustele până la 9 000 Hz. La insecte, organele de auz posedă, pe lângă organul timpanal, și unele dilatări traheale care servesc ca rezonatori, amplificând sunetul și asigurând excitarea organelor receptoare. Fluturii de noapte recepționează ultrasunetele emise de lilieci, dușmanii lor principali.

– La **vertebrate** mecanoreceptorii sunt diferențiați în funcție de tipul de sensibilitate: stato-acustică, motorie (proprioceptivă), tactilă și seismoreceptorie.

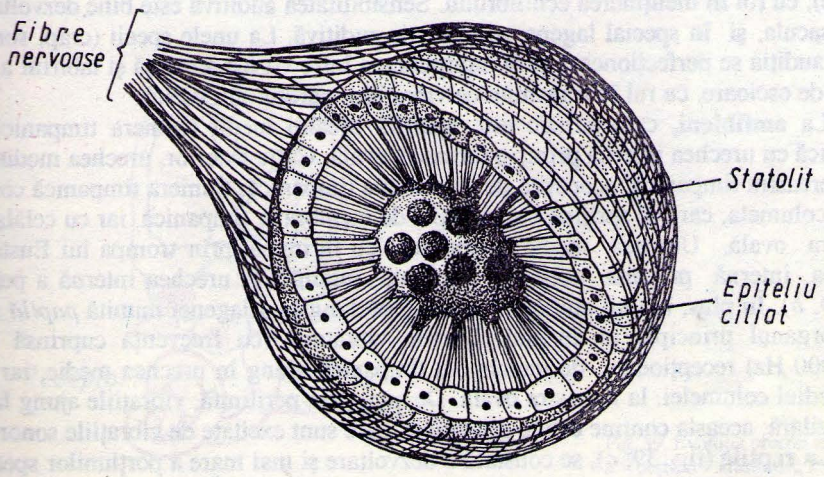


Fig. 37. Statocist.

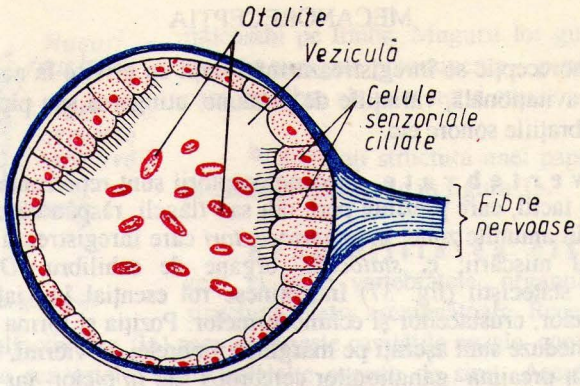


Fig. 38. Otocist.

Sensibilitatea stato-acustică. Receptorii statici (ai echilibrului) au rol în perceperea variațiilor de poziție și mișcare a corpului, iar cei acustici, în perceperea sunetelor. Acești receptori sunt situați în labirintul membranos al urechii interne.

- Reamintiți-vă din clasa a VIII-a structura urechii interne!
- Care sunt cele două lichide ale urechii interne și ce rol au?

La toate vertebratele, labirintul membranos prezintă două vezicule: utricula și sacula, care comunică între ele. Utricula cu cele trei canale semicirculare conține celule senzoriale care recepționează excitații pentru simțul static. Sacula dă naștere la o formațiune, lagena, din care se va dezvolta melcul vertebratelor superioare. În general, în sacula există receptori sensibili la modificările de poziție și mișcare ale capului sau corpului, iar în lagenă, receptorii pentru perceperea vibrațiilor sonore.

La **pești** există numai ureche internă, constituită dintr-un sac membranos care cuprinde utricula ce poartă trei canale semicirculare, sacula și lagena (fig. 39, *a*). Cavitatea labirintului membranos conține endolimfa, cu mici concrețiuni calcaroase (otolite), cu rol în menținerea echilibrului. Sensibilitatea auditivă este bine dezvoltată la pești; sacula, și în special lagena, au funcție auditivă. La unele specii (crap, somn și altele) auditia se perfecționează prin interpunerea între vezica gazoasă și labirint a unui sistem de oscioare, cu rol în transmiterea vibrațiilor aerului din vezică.

La **amfibieni,** caracteristic este apariția urechii medii (camera timpanică) ce comunică cu urechea internă printr-o fereastră ovală. Către exterior, urechea medie prezintă fereastra timpanică, acoperită de membrana timpanică. Camera timpanică conține un os, columela, care se sprijină cu un capăt de membrana timpanică, iar cu celălalt pe fereastra ovală. Urechea medie comunică cu faringele prin trompa lui Eustache. Urechea internă prezintă aceleași elemente întâlnite la urechea internă a peștilor (fig. 39, *b*). În plus, la unii amfibieni apare o prelungire a lagenei numită *papilă bazilară,* organul principal al auzului. Undele vibratorii (cu frecvența cuprinsă între 200–4000 Hz) recepționate de membrana timpanică ajung în urechea medie, iar prin intermediul columelei, la fereastra ovală. De aici, prin perilimfă, vibrațiile ajung la papila bazilară; aceasta conține celule senzoriale, care sunt excitate de vibrațiile sonore.

La **reptile** (fig. 39, *c*), se constată o dezvoltare și mai mare a porțiunilor specializate pentru sensibilitatea acustică. La unele reptile urechea medie este acoperită la

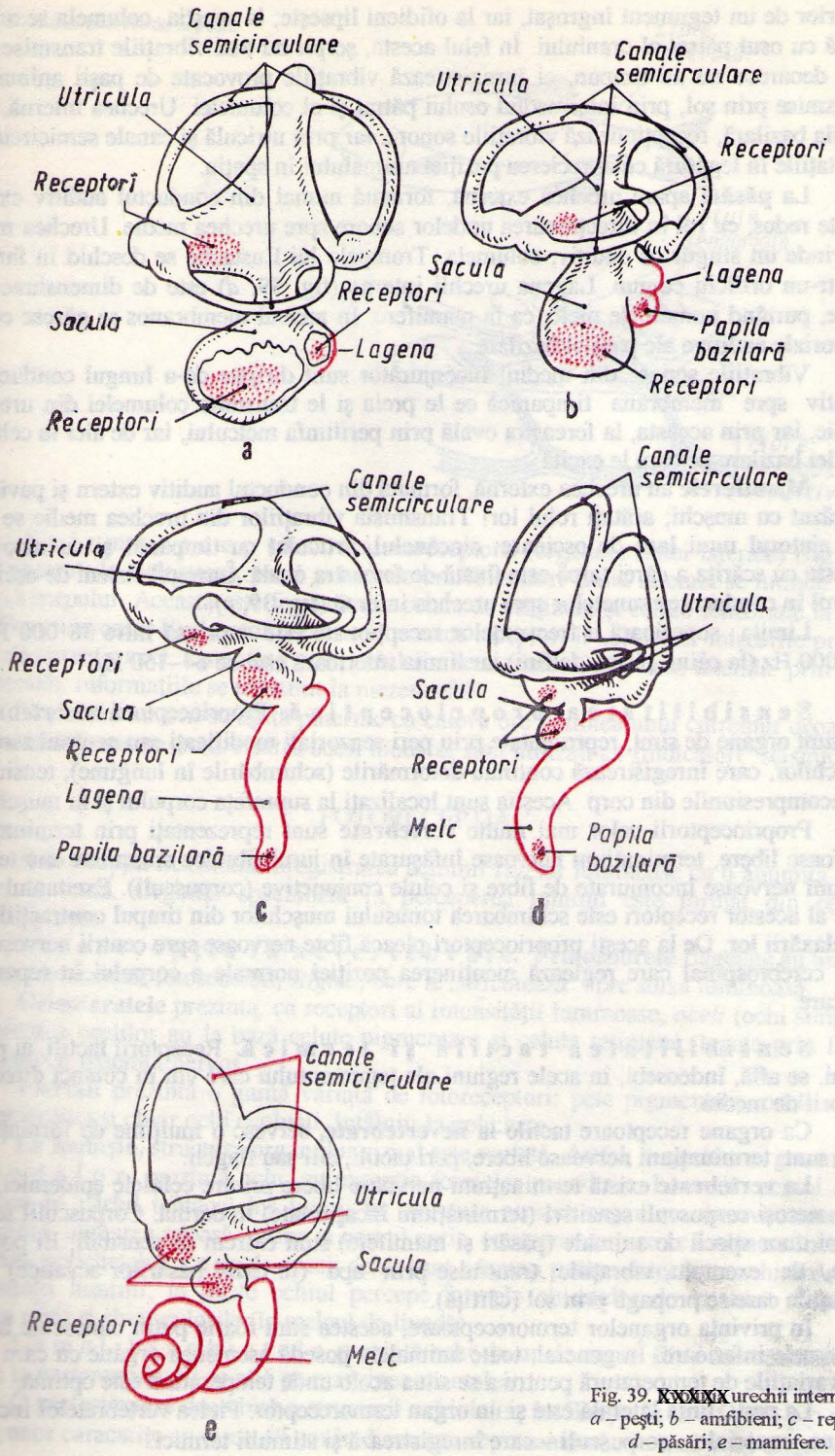


Fig. 39. XXXXXX urechii interne la: *a* – pești; *b* – amfibieni; *c* – reptile; *d* – păsări; *e* – mamifere.

exterior de un tegument îngroşat, iar la ofidieni lipseşte; la aceştia, columela se articulează cu osul pătrat al craniului. În felul acesta, şerpii nu aud vibraţiile transmise prin aer, deoarece nu au timpan, ci înregistrează vibraţiile provocate de paşii animalelor transmise prin sol, prin intermediul osului pătrat şi al columelei. Urechea internă, prin papila bazilară, recepţionează vibraţiile sonore, iar prin utriculă şi canale semicirculare, excitaţiile în legătură cu aprecierea poziţiei animalului în spaţiu.

La **păsări** apare urechea externă, formată numai din conductul auditiv extern, foarte redus, cu rol în direcţionarea undelor sonore spre urechea medie. Urechea medie cuprinde un singur os auditiv, columela. Trompele lui Eustache se deschid în faringe printr-un orificiu comun. Lagena urechii interne (fig. 39, *d*) este de dimensiune mai mare, purtând numele de melc, ca la mamifere. În melcul membranos se găsesc celule senzoriale auditive ale papilei bazilare.

Vibraţiile sonore din mediul înconjurător sunt dirijate de-a lungul conductului auditiv spre membrana timpanică ce le preia şi le transmite columelei din urechea medie, iar prin aceasta, la fereastra ovală prin perilimfa melcului, iar de aici la celulele papilei bazilare pe care le excită.

Mamiferele au urechea externă, formată din conductul auditiv extern şi pavilion, prevăzut cu muşchi; arătaţi rolul lor! Transmisia vibraţiilor din urechea medie se face cu ajutorul unui lanţ de oscioare: ciocănelul, articulat cu timpanul şi cu nicovala, aceasta cu scăriţa a cărei talpă este fixată de fereastra ovală. Întregul sistem de oscioare are rol în conducerea sunetelor spre urechea internă (fig. 39, *e*).

Limita superioară a frecvenţelor recepţionate este cuprinsă între 38 000 Hz şi 100000 Hz (la câini, pisici, delfini) iar limita inferioară este de 64–150 Hz.

Sensibilitatea proprioceptivă. Proprioceptorii **nevertebratelor** sunt organe de simţ, reprezentate prin peri senzoriali modificaţi sau neuroni asociaţi muşchilor, care înregistrează continuu deformările (schimbările în lungime), tensiunile şi decompresiunile din corp. Aceştia sunt localizaţi la suprafaţa corpului şi în muşchi.

Proprioceptorii celor mai multe **vertebrate** sunt reprezentaţi prin terminaţiuni nervoase libere, terminaţiuni nervoase înfăşurate în jurul fibrelor musculare sau terminaţiuni nervoase înconjurate de fibre şi celule conjunctive (corpusculi). Excitantul specific al acestor receptori este schimbarea tonusului muşchilor din timpul contracţiilor şi al relaxării lor. De la aceşti proprioceptori pleacă fibre nervoase spre centrii nervoşi din axul cerebrospinal care reglează menţinerea poziţiei normale a corpului în repaus şi mişcare.

Sensibilitatea tactilă şi termică. Receptorii tactili, ai pipăitului, se află, îndeosebi, în acele regiuni ale tegumentului care vin în contact direct cu factorii de mediu.

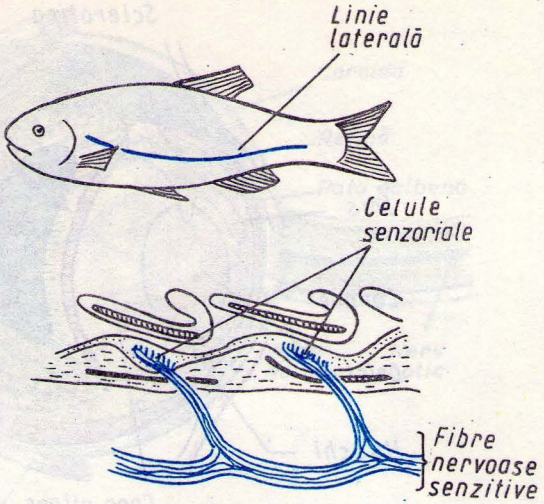
Ca organe receptoare tactile la **nevertebrate,** servesc o mulţime de formaţiuni, cum sunt: terminaţiuni nervoase libere, peri tactili, cili sau flageli.

La **vertebrate** există terminaţiuni nervoase libere printre celulele epidemiei, dar şi numeroşi corpusculi senzitivi (terminaţiuni încapsulate) în dermă. Corpusculii senzitivi ai unor specii de animale (păsări şi mamifere) sunt extrem de sensibili. Ei pot detecta, de exemplu, vibraţiile transmise prin apă (în cazul păsărilor acvatice) sau vibraţiile care se propagă prin sol (cârtiţă).

În privinţa organelor termoreceptoare, acestea sunt foarte puţin cunoscute la organismele inferioare. În general, toate animalele posedă asemenea organe cu care percep variaţiile de temperatură pentru a se situa acolo unde temperatura este optimă.

La peşti, linia laterală este şi un organ termoreceptor. Pielea vertebratelor include organe senzoriale – corpusculi – care înregistrează şi stimulii termici.

Fig. 40. Linia laterală de la peşti.



S e i s m o r e c e p ţ i a. Seismoreceptorii (organele liniei laterale) (fig. 40) sunt prezenţi la **ciclostomi, peşti şi larvele amfibienilor.** Linia laterală se întinde de-a lungul corpului. Aceasta este formată din celule de susţinere şi celule senzoriale la care vin fibre nervoase. Excitantul adecvat al acestor receptori îl constituie mişcările provocate de curenţii apei, care ating perii celulelor senzoriale. De la linia laterală, prin nervii laterali, informaţiile se transmit la mezencefal.

Peştii din acvarii se agită puternic cu câteva ore înaintea unui cutremur deoarece au o sensibilitate crescută. Pentru acest motiv ei sunt utilizaţi ca „indicatori" seismici.

FOTORECEPŢIA

Fotorecepţia înseamnă înregistrarea acţiunii razelor luminoase cu o anumită lungime de undă. Organul specializat în perceperea luminii este format din celule fotoreceptoare.

F o t o r e c e p ţ i a l a n e v e r t e b r a t e. Protozoarele flagelate au un organit citoplasmatic fotosensibil, *stigma,* care le „orientează" spre sursa luminoasă.

Celenteratele prezintă, ca receptori ai intensităţii luminoase, *oceli* (ochi simpli). Majoritatea ocelilor au la bază celule pigmentare şi celule retiniene, legate prin fibre nervoase cu sistemul nervos.

Viermii prezintă o gamă variată de fotoreceptori: pete pigmentare, oceli, ochi subepidermici şi chiar ochi evoluaţi, întâlniţi la polichete.

La moluşte, structura organului vizual este variată. Astfel, majoritatea g a s t e r o p o d e l o r prezintă ochi, cu excepţia formelor parazitare. La melc, ochiul este localizat în vârful tentaculelor lungi; în structura acestui organ se observă cornea, cristalinul, umoarea apoasă, retina şi nervul optic, componente care se întâlnesc încă de la ochiul polichetelor. La unele specii ochii sunt adaptaţi pentru detectarea schimbărilor intensităţii luminii; la altele ochiul percepe formele obiectelor de la mică distanţă (câţiva mm) şi chiar culorile (la melcul de livadă).

L a m e l i b r a n h i a t e l e prezintă ochi, în unele cazuri fiind asemănători cu cei de la gasteropode. Ei se află pe marginea mantalei.

O perfecţionare deosebită a structurii ochiului se întâlneşte la c e f a l o p o d e. Ochii unor caracatiţe au circa 40 cm în diametru, reprezentând cele mai mari organe de

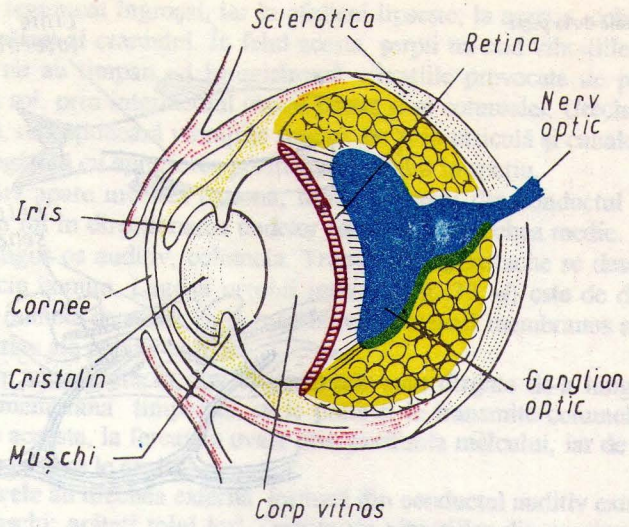


Fig. 41. Ochiul cefalopodelor.

văz în regnul animal. La caracatiță și la unele anelide, acomodarea pentru vederea apropiată se realizează prin contracția unor mușchi care îndepărtează cristalinul de retină (fig. 41). Experimental s-a demonstrat că ochiul cefalopodelor distinge și culorile.

Ochii **crustaceilor** și **insectelor** sunt ochi simpli și compuși care recepționează nu numai diferențele de intensitate luminoasă ci și forma și culoarea obiectelor.

• Studiați figura 42 și observați structura unui ochi compus! Acesta este format dintr-un număr foarte mare de fațete *(omatidii)*.

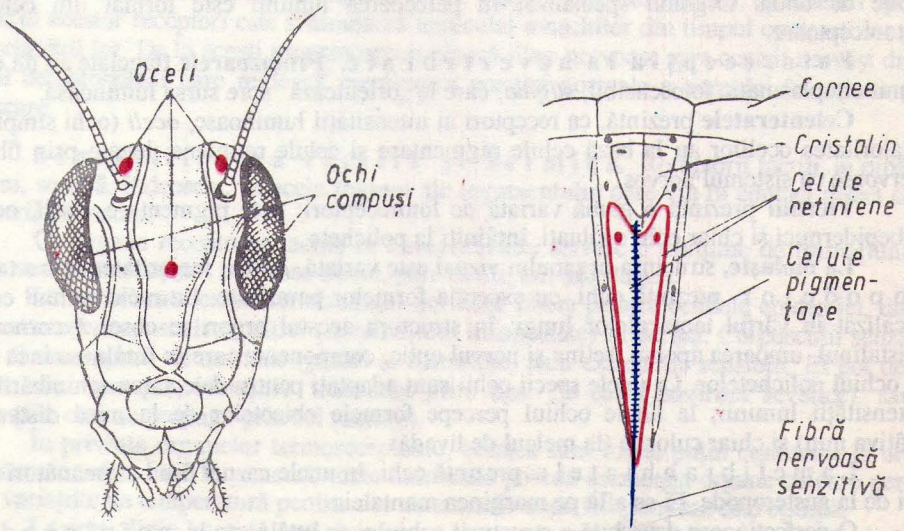


Fig. 42. Ochi de la insecte.

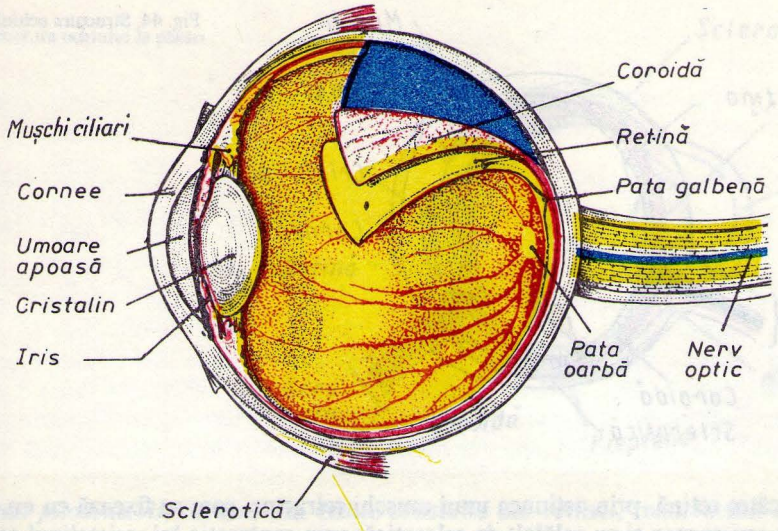


Fig. 43. Structura ochiului la mamifere.

Fiecare omatidie este un ochi complet, cu celule retiniene profunde (elemente sensibile) care se prelungesc prin fibre nervoase. Deasupra celulelor retiniene se află cristalinul (partea refringentă). Peste acesta se află corneea, împărțită în fațete hexagonale; fiecare fațetă se află în dreptul unei omatidii, de unde și denumirea de ochi fațetați.

Fotorecepția la vertebrate. La vertebrate, ochii pereche au o structură asemănătoare.

- Reamintiți-vă din clasa a VII-a, principalele părți componente ale globului ocular, analizând și figura 43!
- Observați anexele globului ocular pe ochiul unui mamifer și pe mulaj: pleoapele (cu rol de protecție) și mușchii globului ocular, cu rol în mișcările ochiului. După ce ați îndepărtat anexele, observați sclerotica, iar la cei doi poli, corneea și în partea opusă, nervul optic. Faceți o incizie în sclerotică, pe linie ecuatorială, până la cornee. Din camera anterioară se scurge umoarea apoasă. Examinați irisul și pupila. Desprindeți cristalinul și examinați-l. Așezați cristalinul pe un text. Ce constatați? Cu ce tip de lentilă se aseamănă? În globul ocular rămâne umoarea sticloasă, compactă, omogenă. După îndepărtarea acesteia, observați retina, care nu se desprinde de coroidă.
- Amintiți-vă rolul celulelor cu conuri și cu bastonașe din retină!

[illegible], la fiecare grup există anumite particularități structurale și funcționale. Astfel, la formele libere de **ciclostomi** există ochi funcționali, iar la cei paraziți, ochii sunt rudimentari, insensibili la lumină.

La unii **pești** (rechini) ochii sunt protejați de două pleoape și o membrană nictitantă, transparentă, care se mișcă lateral, din colțul intern spre cel extern. Retina rechinilor este formată aproape exclusiv din bastonașe. Celulele cu conuri aproape că lipsesc, fapt pentru care rechinii nu posedă vedere cromatică.

La speciile diurne de pești osoși (fig. 44), celulele vizuale conțin conuri, vederea fiind cromatică, iar ochiul este adaptat pentru vederea obiectelor apropiate (1–2 m). Imaginea obiectelor îndepărtate (până la 15 m) se obține prin deplasarea cristalinului

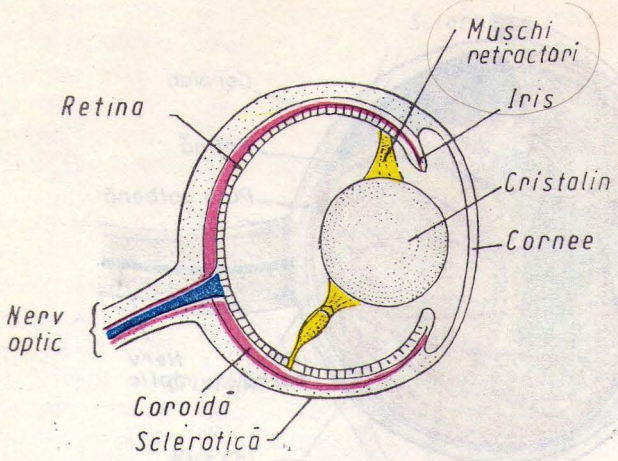


Fig. 44. Structura ochiului la pești.

înapoi, către retină, prin acțiunea unui mușchi retractor, care se fixează cu un capăt de cristalin sau cornee și cu celălalt de sclerotică; prin contracția lui, cristalinul se apropie de retină, iar prin relaxare se îndepărtează. Același mecanism se întâlnește și la ciclostomi. Unii pești abisali au ochii telescopici, adaptați la lumina redusă a mărilor adânci. Ochii peștilor osoși nu au pleoape.

Ochiul **amfibienilor** este asemănător cu cel de la peștii osoși. Amfibienii disting unele culori și obiectele care sunt în mișcare. Ochiul este protejat de două pleoape mobile și o membrană nictitantă cu rol de apărare în mediul terestru. Au și glande lacrimale.

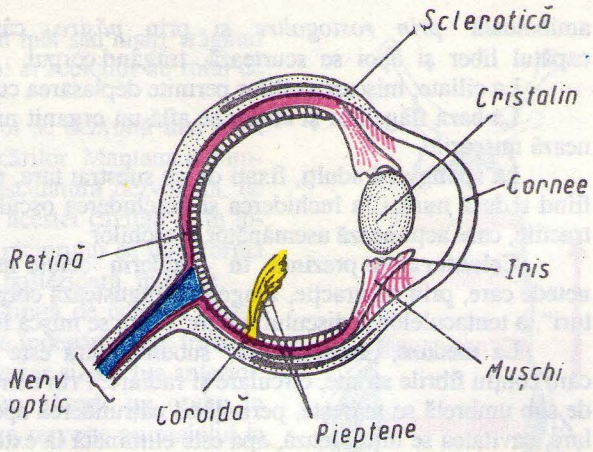
Ochiul **reptilelor,** superior organizat față de cel al amfibienilor, este adaptat pentru vederea diurnă, crepusculară sau nocturnă. Reptilele posedă o excelentă vedere cromatică, distingând în același timp și formele obiectelor. La reptile, ca și la păsări și mamifere, mecanismul de acomodare se perfecționează. Cristalinul își modifică curbura cu ajutorul mușchilor ciliari. La șarpele de casă, acest dispozitiv încă nu este perfecționat și acomodarea se face tot prin deplasarea cristalinului. Pleoapele sunt asemănătoare cu ale amfibienilor.

Simțul vizual la **păsări** este cel mai dezvoltat din întreaga serie a vertebratelor. Dispoziția ochilor este diferită; la păsările diurne ochii se află lateral sau latero-anterior pe craniu, iar la cele nocturne, anterior. Retina păsărilor diurne conține mai multe celule cu conuri (pentru vederea cromatică), iar cele nocturne au mai multe celule cu bastonașe (pentru vederea necromatică). Caracteristic ochiului păsărilor este „pieptănele" (fig. 45), o formațiune cu rol în nutriția coroidei și în acomodare. Ochii păsărilor sunt protejați de două pleoape, membrana nictitantă și glande lacrimale.

La **mamifere,** ochiul prezintă toate caracterele întâlnite la celelalte vertebrate, fiind foarte asemănător ochiului uman. Cele două pleoape sunt mobile și prevăzute cu gene. Există totuși și unele variații. Astfel, insectivorele, care trăiesc pe sub pământ, au ochii rudimentari, acoperiți parțial sau total de piele. Nervul optic, ca și glandele lacrimale, sunt reduse. La cetacee, glandele lacrimale lipsesc.

REȚINEȚI! Elementele care intră în structura ochiului de la vertebrate formează două sisteme: sistemul optic și sistemul fotosensibil. *Sistemul optic* **cuprinde corneea transparentă, umoarea apoasă, cristalinul, umoarea sticloasă; acestea sunt medii transparente și refringente pe care lumina le străbate până la retină, unde se formează imaginea reală, mai mică și răsturnată a obiectului privit.**

Fig. 45. Structura ochiului la păsări.



***Sistemul fotosensibil,* format din celule sensibile ale retinei, transformă excitantul luminos în influx nervos vizual care este condus pe calea nervilor optici până la segmentul central, unde se formează senzaţia vizuală.**
Ciclostomii, peştii cartilaginoşi, unii teleosteeni şi unele păsări prezintă vedere monoculară, fiecare ochi are câmpul său vizual şi, deci, obiectul nu poate fi privit simultan cu ambii ochi. La celelalte vertebrate, vederea este binoculară: cîmpurile vizuale ale celor doi ochi se suprapun, cu toate că pe retină se formează două imagini ale aceluiaşi obiect privit. Văzul binocular asigură o vedere în spaţiu (stereoscopică).

TEME

– Completaţi schema după următorul model:

Organul de simţ	Excitantul adecvat	Grupa de animale

– Prezentaţi importanţa organelor de simţ.

1.3. LOCOMOŢIA ÎN SERIA ANIMALĂ

În funcţie de mediul de viaţă, animalele folosesc mijloace de locomoţie foarte variate.

Locomoţia la nevertebrate

Dintre **protozoare,** flagelatele sunt prevăzute cu unul sau mai mulţi flageli, care permit animalului să se deplaseze cu repeziciune în mediul acvatic.

Rizopodele şi unele sporozoare au ca organite de mişcare pseudopodele – expansiuni temporare ale citoplasmei. La amibe există două tipuri de mişcare

amiboidală: *prin rostogolire* şi prin *păşire*, când pseudopodul se fixează cu capătul liber şi apoi se scurtează, trăgând corpul.

La ciliate, mişcarea cililor permite deplasarea cu uşurinţă în mediul extern.

La baza flagelilor şi cililor se află un organit numit *granul bazal* care le coordonează mişcările.

La **spongierii** adulţi, fixaţi de un substrat tare, mişcarea este aproape inexistentă, fiind redusă numai la închiderea şi deschiderea osculului cu ajutorul unor celule contractile, care acţionează asemănător **muşchilor**.

Celenteratele prezintă în ectoderm celule mioepiteliale, cu fibrile contractile netede care, prin contracţie, lungesc şi îngustează corpul. Cu ajutorul acestei „musculaturi", a tentaculelor şi discului adeziv, hidra se mişcă foarte lent (câţiva cm/zi).

La meduze, „musculatura" subumbrelară este formată din celule mioepiteliale care conţin fibrile striate, circulare şi radiare. Prin contracţia fibrilelor radiare, cavitatea de sub umbrelă se măreşte, permiţând pătrunderea apei, iar prin contracţia celor circulare, cavitatea se micşorează, apa este eliminată la exterior şi animalul este propulsat în sens opus. O astfel de deplasare întreruptă de mici pauze se numeşte mişcare sacadată. Alte celenterate, cum sunt actiniile care trăiesc pe fundul stâncos, nisipos sau mâlos, se deplasează fie prin alunecare, fie prin mişcări de rostogolire.

Platelminţii prezintă sub ectoderm o musculatură netedă bine dezvoltată. La deplasarea în mediul acvatic planariile se folosesc de mişcarea cililor. La platelminţii paraziţi (trematode şi cestode) există, de asemenea, mai multe pături musculare netede care, împreună cu tegumentul, formează teaca musculo-cutană ce asigură mobilitatea corpului în interiorul gazdei.

Spre deosebire de celelalte grupe de viermi, musculatura corpului la **nematelminţi** este reprezentată mai mult de pătura longitudinală.

La rotiferi şi gastrotrichi musculatura permite mişcări de îndoire şi destindere numai în plan dorso-ventral. De asemenea, la aceleaşi grupe, cilii de pe suprafaţa corpului ajută la mişcarea în mediul acvatic.

La nematode, contracţia musculaturii longitudinale produce numai mişcări de încolăcire.

Musculatura **anelidelor** conţine fibre netede circulare, longitudinale şi oblice, formând cu tegumentul teaca musculo-cutanee.

P o l i c h e t e l e, animale marine, înoată prin mişcări ondulatorii, iar în deplasarea pe un substrat, se ajută de parapode şi de cheţi. Mişcarea parapodelor se combină cu cea ondulatorie a corpului, produsă de contracţia fibrelor longitudinale.

La o l i g o c h e t e, deplasarea pe pământ se face prin târâre. Râma, de exemplu, se sprijină pe pământ cu ajutorul cheţilor, iar corpul se subţiază, înaintând prin contracţia muşchilor circulari; partea posterioară se apropie de cea anterioară prin contracţia muşchilor longitudinali.

H i r u d i n e e l e folosesc pentru deplasare mişcarea prin înot şi târâre. Ele şerpuiesc vertical în apă, executând mişcări în sus şi în jos, cu ajutorul muşchilor. Atunci când se târăsc, se ajută de cele două ventuze, efectuând mişcări asemănătoare hidrei.

Musculatura **moluştelor** este asemănătoare cu cea întâlnită la anelide. Din această musculatură face parte *piciorul*, un organ cu aspect de talpă la gasteropode, *lamă de topor* la lamelibranhiate şi de *braţe* şi *pâlnie* la cefalopode.

● Observaţi deplasarea unui melc pe un geam; constataţi undele de contracţie care se propagă de la partea posterioară spre cea anterioară a piciorului. Târârea este înlesnită şi de mucusul secretat de glandele care se găsesc în picior (fig. 46). Cu

ajutorul piciorului scoicile sapă în mâl sau nisip, trăgând după el întreg corpul. Alţi muşchi ai scoicilor au rolul de a închide şi deschide valvele.

Musculatura cefalopodelor se dezvoltă mai mult în legătură cu complexitatea mişcărilor. Mantaua delimitează cavitatea paleală şi are musculatură dezvoltată, de mare importanţă în funcţionarea acestei cavităţi şi în locomoţie. Jumătatea anterioară a piciorului se transformă în pâlnie sau sifon, iar jumătatea posterioară, în braţe.

La sepie mantaua este lipită de corp în partea dorsală, iar în partea ventrală este îndepărtată de trunchi, formând un buzunar, închis posterior şi deschis anterior. La deschiderea acestei cavităţi se găseşte un organ în formă de pâlnie, numit sifon, care serveşte animalului la mişcare. Apa pătrunde în cavitatea paleală prin toată deschiderea ei şi apoi, prin contracţia bruscă a muşchilor, închide buzunarul, apăsându-i marginea pe corp. Apa este forţată să iasă cu presiune prin sifon, împingând animalul înapoi. Urmează o perioadă de repaus, timp în care apa pătrunde din nou în buzunar, din care cauză mişcările sepiei sunt sacadate. Sepia se deplasează prin mişcările celor două înotătoare de pe laturile corpului, precum şi cu ajutorul braţelor.

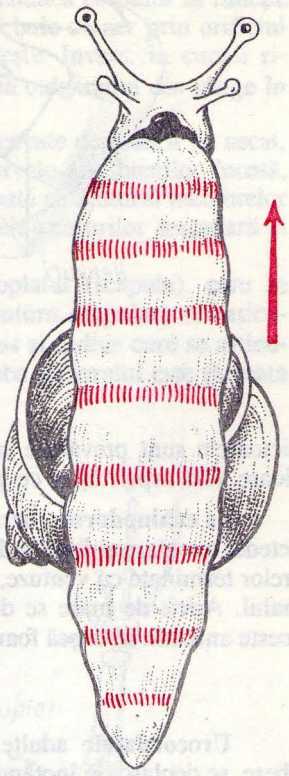


Fig. 46. Deplasarea melcului (unde de contracţie).

Corpul **artropodelor** este protejat de un exoschelet chitinos, sub care se inseră muşchii striaţi. Cei netezi sunt prezenţi doar la nivelul unor organe interne. Muşchii striaţi ai artropodelor nu mai formează o pătură continuă sub ectoderm – ca la viermi. Ei sunt bine individualizaţi, la nivelul segmentelor corpului, apendicilor toracici, pieselor bucale etc. Prin contracţia lor se asigură o deosebită mobilitate a corpului.

– Pentru c r u s t a c e i i acvatici, locomoţia tipică este înotul, iar pentru cei terestri, târâtul; la ambele grupe, indivizii se ajută de apendici şi de abdomen. După cum ştiţi din clasa a VI-a, racii se deplasează şi înapoi, prin mişcările bruşte ale abdomenului.

– A r a h n i d e l e se deplasează cu multă uşurinţă, folosindu-se de picioarele prevăzute cu gheare, adaptate mersului pe uscat.

– Datorită formei corpului m i r i a p o d e l e se deplasează prin mişcări serpentiforme, folosindu-se şi de apendicii inseraţi pe părţile laterale ale corpului segmentat.

– La i n s e c t e, şi în special la cele zburătoare, singurele nevertebrate capabile de zbor, deplasarea se realizează prin bătaia aerului în sus şi în jos cu ajutorul aripilor, acţionate de musculatura toracelui. Sistemul de trahei pline cu aer contribuie la micşorarea densităţii corpului insectei. Privind figura 47, observaţi alcătuirea unei aripi membranoase a insectelor şi dispoziţia nervurilor chitinoase. Locul de maximă rezistenţă din timpul zborului se află în partea anterioară, unde nervurile sunt mai îngroşate. Partea posterioară, mai subţire, este uşor deformabilă. În timpul zborului, aripa nu mai rămâne un plan orizontal, ci se transformă într-un plan înclinat, care alunecă înainte şi în jos, deplasând corpul animalului spre înainte. Insecta îşi poate schimba direcţia de zbor prin uşoare mişcări sinuoase ale abdomenului care modifică centrul de greutate. Insectele sunt bine adaptate şi pentru deplasarea prin mers, sărit şi alergat. La unele,

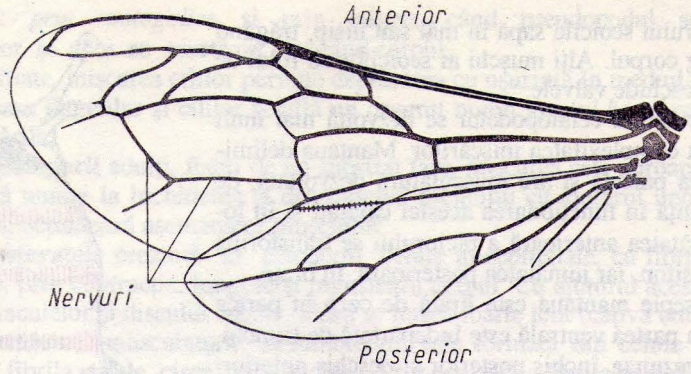


Fig. 47. Aripa de insectă.

picioarele sunt prevăzute cu vezicule adezive care permit aderarea de suporturile lucioase, fără asperităţi şi cu gheare, cu ajutorul cărora se pot agăţa.

La **echinoderme,** derma este limitată de un dublu strat muscular, format din fibre netede, circulare şi longitudinale. Acestea se târăsc pe fundul mării cu ajutorul ambulacrelor terminate cu ventuze, care aderă de stâncă şi prin mişcări de contracţie, trag animalul. Aricii de mare se deplasează şi ei cu ajutorul ghimpilor care au rol de cârje; aceste animale se mişcă foarte încet.

Locomoţia la cordate

Urocordatele adulte *(Ascidia)* sunt fixate de suport şi numai larvele, forme libere, se deplasează înotând cu ajutorul cozii.

Sub tegumentul **cefalocordatelor** se află muşchii în formă de benzi longitudinale, alcătuite din segmente. Această structură uşurează îndoirea corpului în plan orizontal, în timpul înotului. De asemenea, forma corpului (ascuţit la ambele capete), cât şi înotătoarele dorsală şi codală ajută aceste animale să se deplaseze în apă.

Ciclostomii şi peştii au ca mijloc de locomoţie tipic acvatică, înotul, realizat cu ajutorul înotătoarelor şi musculaturii corpului. Înotătoarele pot fi neperechi (dorsală, codală şi anală) şi perechi (scapulară şi pelviană).

– La ciclostomi, există două înotătoare dorsale şi una codală care conţin fascicule musculare şi raze cartilaginoase. Ciclostomii înaintează în apă prin mişcări şerpuite ale corpului.

– Peştii au înotătoarele neperechi reprezentate printr-un schelet format din raze externe osoase ce susţin o membrană tegumentară. Înotătoarele perechi au schelet caracteristic, format din piese osoase ale centurilor şi piese ale părţilor libere ale înotătoarelor. Prin intermediul centurilor scapulară şi pelviană, înotătoarele perechi sunt prinse de scheletul corpului şi de musculatură.

Peştii se deplasează prin mişcări ondulatorii, efectuate de înotătoarea codală care împinge corpul înainte. Celelalte înotătoare contribuie prin mişcările lor la menţinerea unei anumite poziţii a corpului sau la schimbarea direcţiei de înot şi, în mică măsură, la o înaintare lentă.

Înaintarea peştilor în mediul acvatic este favorizată şi de forma lor hidrodinamică, prezenţa stratului de mucus de pe suprafaţa corpului etc.

Dintre peşti, cei mai buni înotători sunt păstrăvii şi rechinii; ei ating viteze de 20–25 km/oră.

Pentru speciile de peşti care înoată la adâncimi mai mari, un rol important îl are vezica înotătoare. Aceasta are posibilitatea de a modifica densitatea corpului în funcţie de adâncime. Astfel, la adâncimi mari, din vezică se elimină bule de aer prin orificiul bucal, care comunică cu faringele şi densitatea corpului creşte. Invers, în cursul ridicării spre suprafaţă, volumul vezicii se măreşte prin trecerea oxigenului din sânge în aceasta, iar densitatea corpului se micşorează.

La **amfibieni,** membrele s-au dezvoltat ca structuri adecvate deplasării pe uscat, dar sunt folosite şi pentru locomoţia în mediul acvatic. Larvele amfibienilor înoată, îndeosebi cu ajutorul înotătoarei codale, în timp ce adulţii înoată cu ajutorul membrelor anterioare şi posterioare. Scheletul membrelor cuprinde oasele centurilor scapulară şi pelviană şi oasele membrului propriu-zis (fig. 48).

Centura scapulară este alcătuită din trei oase: omoplatul (scapula), care se prinde de coloana vertebrală, clavicula şi coracoidul. De centura scapulară se articulează oasele membrelor anterioare: humerus (os lung), cubitus şi radius care se articulează cu oasele carpiene care alcătuiesc încheietura labei. Laba piciorului este formată din metacarpiene, prelungite cu oasele degetelor (falange).

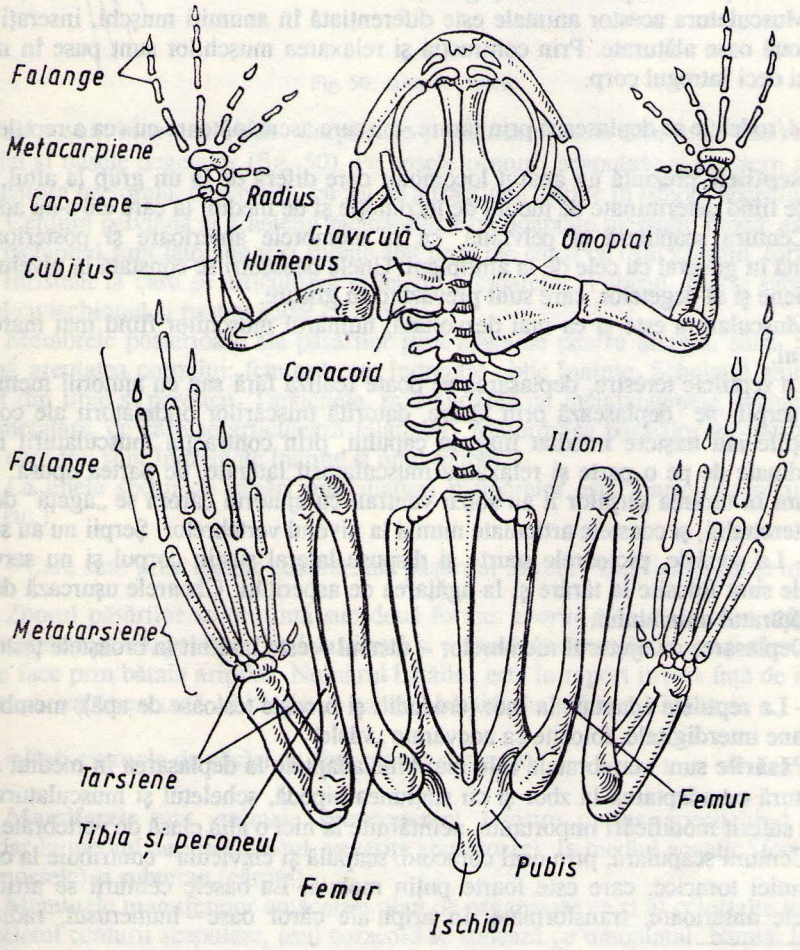


Fig. 48. Scheletul amfibienilor.

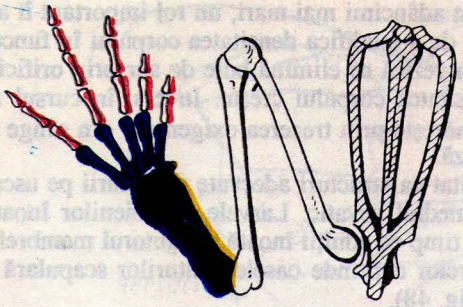


Fig. 49. Membrul posterior la broasca de lac. Denumiți oasele, folosindu-vă și de figura 48.

Centura pelviană cuprinde trei oase sudate între ele: ilion, ischion și pubis. De ele se articulează oasele membrelor posterioare: femurul (os lung), tibia și peroneul, oasele încheieturii labei (tarsienele), oasele labei (metatarsiene) și falangele.

Membrele posterioare sunt lungi, au formă de Z, și sunt adaptate atât pentru deplasarea prin înot, degetele acestora fiind prevăzute cu o membrană interdigitală, cât și la deplasarea pe uscat, prin salturi (fig. 49).

Musculatura acestor animale este diferențiată în anumiți mușchi, inserați de cel puțin două oase alăturate. Prin contracția și relaxarea mușchilor sunt puse în mișcare oasele și deci întregul corp.

Urodelele se deplasează prin târâre, mișcare asemănătoare cu cea a reptilelor.

Reptilele prezintă un aparat locomotor care diferă de la un grup la altul, acestè diferențe fiind determinate de modul de locomoție și de mediul la care ele s-au adaptat.

Centura scapulară și pelviană, ca și membrele anterioare și posterioare, se aseamănă în general cu cele de la amfibieni. Unele deosebiri se constată la nivelul oaselor tarsiene și al degetelor, care sunt prevăzute cu gheare.

Musculatura este și ea mai dezvoltată, numărul mușchilor fiind mai mare ca la amfibieni.

La reptilele terestre, deplasarea se poate realiza fără sau cu ajutorul membrelor. Astfel, șerpii se deplasează prin târâre, datorită mișcărilor ondulatorii ale corpului. Ondulațiile iau naștere imediat înapoia capului, prin contracția musculaturii laterale longitudinale de pe o parte și relaxarea musculaturii laterale, de partea opusă. Un rol important în târârea șerpilor îl au solzii ventrali cu ajutorul cărora se „agață" de asperitățile terenului, și coastele articulate numai la nivelul vertebrelor. Șerpii nu au stern.

– La șopârle, picioarele scurte și dispuse lateral susțin corpul și nu servesc la mers; ele sunt folosite la târâre și la agățarea de asperități. Ghearele ușurează deplasarea și cățăratul animalului.

Deplasarea cu ajutorul membrelor – mersul – este întâlnit la broaștele țestoase de uscat.

– La reptilele adaptate la înot (crocodili și broaște țestoase de apă), membrele au membrane interdigitale, folosite ca adevărate „vâsle".

Păsările sunt vertebratele cele mai bine adaptate la deplasarea în mediul aerian. În legătură cu adaptarea la zbor și cu stațiunea bipedă, scheletul și musculatura păsărilor au suferit modificări importante, neîntâlnite la nici o altă clasă de vertebrate.

Centura scapulară, prin osul coracoid, scapulă și clavicula* contribuie la consolidarea cutiei toracice, care este foarte puțin mobilă. La oasele centurii se articulează membrele anterioare, transformate în aripi, ale căror oase – humerusul, radiusul și

* Cele două clavicule se unesc ventral, formând iadeșul.

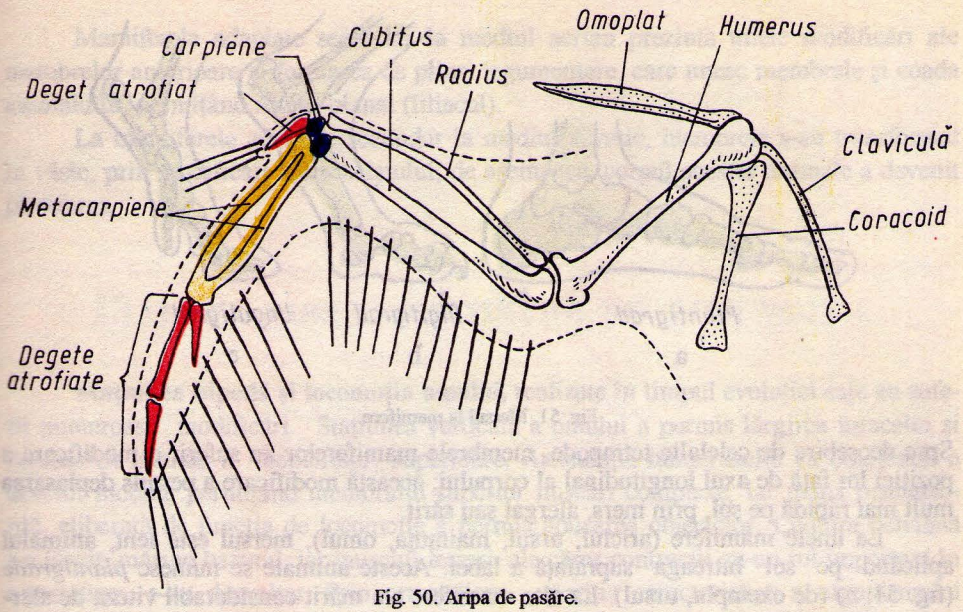


Fig. 50. Aripa de pasăre.

cubitusul – sunt bine dezvoltate. Carpienele şi metacarpienele sunt mult mai reduse, ca de altfel şi oasele degetelor (fig. 50). Pe oasele centurii scapulare şi pe stern se inseră musculatura pectorală, dezvoltată, cu rol de a tracţiona aripile în timpul zborului.

Centura pelviană şi scheletul picioarelor sunt adaptate mersului biped; astfel ilionul şi ischionul sunt late, lungi şi sudate atât între ele cât şi cu osul sacrum, formând un bazin rezistent la care se articulează scheletul picioarelor. Pubisul, foarte subţire, este paralel cu ischionul şi parţial sudat cu acesta.

Membrele posterioare ale păsărilor sunt adaptate pentru alergat, sărit, înot. Ele sprijină greutatea corpului: femurul este îndreptat oblic înainte. Scheletul gambei este format din tibie şi peroneu. Tarsienele, prin sudarea cu metatarsienele, formează osul tarso-metatars, de care se articulează falangele. Majoritatea păsărilor au patru degete, dintre care trei sunt îndreptate înainte şi unul înapoi.

La unele specii de păsări musculatura picioarelor este foarte dezvoltată (struţ, gâscă etc.).

● Care sunt principalele adaptări ale păsărilor la zbor? Dar la alergat şi înot?

Zborul păsărilor se prezintă sub două forme: *zborul planat,* în care aripile stau întinse şi nemişcate, pasărea fiind susţinută şi purtată de curenţii de aer şi *zborul ramat* care se face prin bătaia aripilor. Numărul bătăilor este în raport invers faţă de mărimea aripilor: o vrabie execută 13 bătăi/s; o barză 2 bătăi/s; un pelican 1 bătaie/s.

● Daţi exemple de păsări cu zbor planat şi ramat!

Mamiferele sunt animale preponderent terestre, puţine specii fiind adaptate secundar la mediul aerian (liliacul, veveriţa zburătoare), la mediul acvatic (focile, balenele, morsele) şi subteran (cârtiţa).

Membrele mamiferelor au acelaşi plan de organizare ca şi al celorlalte tetrapode. În scheletul centurii scapulare, osul coracoid se sudează cu omoplatul. Numai la monotreme, cele două oase sunt încă separate, fapt care constituie un caracter de inferioritate.

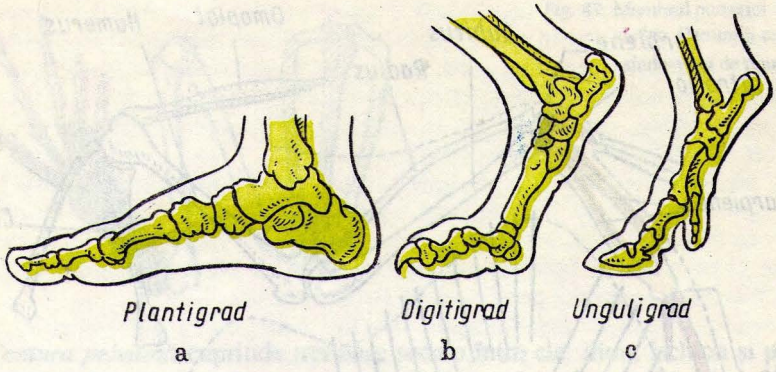


Fig. 51. Mersul la mamifere.

Spre deosebire de celelalte tetrapode, membrele mamiferelor au suferit o modificare a poziției lor față de axul longitudinal al corpului; această modificare a permis deplasarea mult mai rapidă pe sol, prin mers, alergat sau sărit.

La unele mamifere (ariciul, ursul, maimuța, omul), mersul este lent, animalul aplicând pe sol întreaga suprafață a labei. Aceste animale se numesc *plantigrade* (fig. 51, *a*) (de exemplu, ursul). La alte mamifere s-a mărit considerabil viteza de alergat, prin sprijinirea pe sol numai cu degetele; ele se numesc *digitigrade* (fig. 51, *b*) (de exemplu, tigrul, câinele etc.). Copitatele se deplasează mai rapid, prin reducerea mai accentuată a părții de sprijin (fig. 51, *c*). La aceste animale, numite *unguligrade*, numai vârful degetelor se sprijină pe sol, acestea fiind protejate de copite. Adaptarea la alergat a acestor animale s-a realizat prin reducerea numărului de degete, cât și prin alungirea degetului funcțional. De exemplu, calul calcă numai pe degetul al treilea, celelalte fiind atrofiate.

Mamiferele care se deplasează prin sărit (iepurele) se recunosc după dispoziția în Z a diferitelor segmente care alcătuiesc membrele lor (fig. 52).

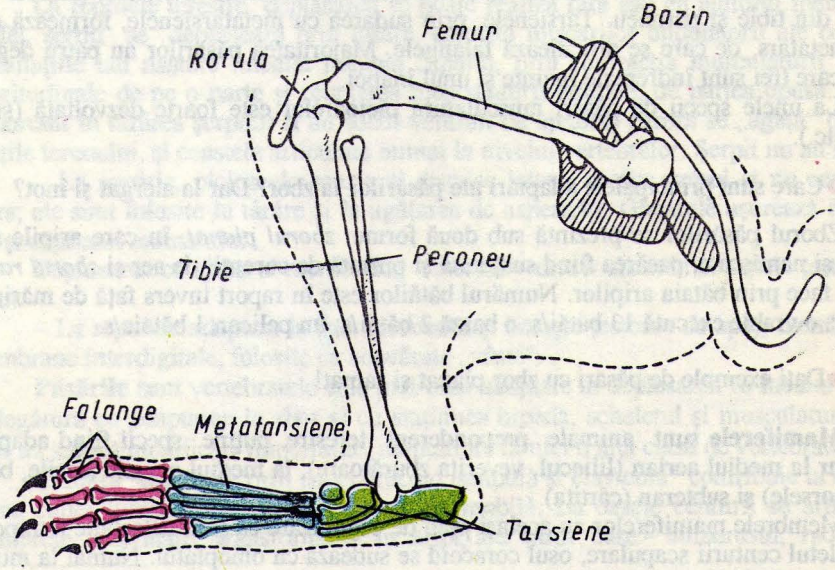


Fig. 52. Membru posterior la iepure.

TEME

– Denumiți oasele centurii scapulare și pelviene.

– Prezentați particularități ale locomoției aeriene.

– Având în vedere că toate vertebratele au același plan de organizare a membrelor, observați pe diferite schelete care sunt modificările corespunzătoare modului de locomoție. Determinați cărui tip de mers aparțin membrele observate.

2. FUNCȚIILE DE NUTRIȚIE ÎN SERIA ANIMALĂ

Pentru desfășurarea fenomenelor vieții, organismul animal realizează schimburi materiale și energetice cu mediul înconjurător. Din mediul extern organismul își procură, în tot cursul vieții, diferite substanțe, pe care le supune unor transformări în interiorul său, iar produșii nefolositori care rezultă sunt eliminați la exterior. În esență, necesitățile permanente de substanțe și energie ale organismelor animale sunt satisfăcute prin procesele de nutriție.

Denumirea de procese de nutriție include: procurarea hranei, digestia, absorbția, circulația sângelui, respirația, excreția.

După modul cum se realizează aceste procese, nutriția poate fi autotrofă, heterotrofă și mixotrofă.

● În ce constă nutriția autotrofă?

Nutriția heterotrofă reprezintă modul de hrănire al majorității animalelor care consumă, drept hrană, organisme vegetale și animale sau diferite substanțe organice existente în mediu. Ele pot lua hrana din mediul înconjurător prin osmoză, fagocitoză sau prin ingerarea alimentelor pe cale bucală.

În procesele de *osmoză*, hrana lichidă (molecule simple de substanțe organice, solubile și asimilabile) difuzează prin toată suprafața corpului sau prin anumite regiuni corporale (cum este cazul unor flagelate, sporozoare și viermi paraziți).

În procesele de *fagocitoză*, particulele nutritive sunt înglobate în citoplasmă, cu ajutorul pseudopodelor sau flagelilor. Așa este cazul unor rizopode, ciliate și spongieri.

Nutriția mixotrofă se întâlnește la organismele care se hrănesc atât autotrof cât și heterotrof. Așa este cazul întâlnit la *Euglena viridis*.

Majoritatea animalelor ingerează hrana pe cale bucală. La ele se diferențiază organe speciale al căror ansamblu constituie un sistem digestiv, la nivelul căruia au loc procese de digestie.

● Ce se întâmplă cu o plantă ținută la întuneric? Dar cu o euglenă?

2.1. DIGESTIA ÎN SERIA ANIMALĂ

Prin digestie se realizează eliberarea nutrimentelor din alimente prin procese mecanice, fizice și chimice și trecerea acestora în mediul intern și de aici la țesuturi și celule.

Nutrimentele sunt reprezentate prin glucoză, acizi grași și glicerină, aminoacizi.

Digestia la nevertebrate

Protozoarele şi **spongierii** nu au un sistem digestiv; majoritatea prezintă o digestie intracelulară. Cum se realizează aceasta? Prin mişcările pseudopodelor sau flagelilor, microparticulele (resturi de plante sau de animale) ajung în citoplasmă, determinând formarea vacuolei digestive. În vacuolă, particulele sunt descompuse cu ajutorul enzimelor, rezultând nutrimentele. Acestea, fiind solubile, sunt absorbite prin membrana vacuolei în citoplasmă, unde sunt supuse transformărilor metabolice (sinteze şi degradări). Resturile nedigerate sunt împinse treptat spre periferia corpului şi expulzate la exterior.

La spongieri, o dată cu apa, în cavitatea corpului pătrund microorganisme care sunt prinse de către coanocite cu ajutorul flagelului şi guleraşului, înglobându-le în citoplasmă, unde se formează vacuole digestive, întocmai ca la protozoare. Deşeurile rezultate din digestie sunt eliminate cu apa, prin oscul.

De reţinut că, digestia intracelulară s-a păstrat şi la alte organisme (unele celenterate şi viermi), inclusiv la cele cu digestie extracelulară. De pildă, la om, leucocitele sangvine fagocitează microbii printr-un asemenea mecanism.

În procesul evoluţiei, de la digestia intracelulară s-a trecut la cea extracelulară care se desfăşoară, în mod obişnuit, în cadrul unor structuri cavitare ale sistemului digestiv.

Celenteratele prezintă pentru prima dată în seria animală „sistem digestiv" format dintr-un orificiu buco-anal (înconjurat de tentacule) şi o cavitate gastrică. Hrana, constituită din organisme microscopice, este supusă parţial unei digestii extracelulare cu ajutorul enzimelor digestive secretate de unele celule ale endodermului. În continuare, digerarea particulelor mici are loc în vacuolele digestive din celulele flagelate ale endodermului, prin digestie intracelulară. Restul de hrană nedigerată este eliminat prin orificiul buco-anal.

La celenteratele mai evoluate (corali, actinii) cavitatea digestivă este mai complexă, datorită apariţiei unor septuri. Această cavitate se numeşte *gastrovasculară*, deoarece îndeplineşte atât funcţie digestivă, cât şi de circulaţie a substanţelor.

Viermii prezintă un sistem digestiv mai complicat. După cum observaţi în figura 54, cei mai mulţi **platelminţi** au sistemul digestiv format dintr-un orificiu buco-anal, faringe musculos şi un intestin ramificat, prevăzut cu numeroase diverticule închise. Digerarea protozoarelor şi a crustaceilor mici, care constituie hrana planariilor, este extracelulară la început, fiind realizată în intestin cu ajutorul enzimelor secretate de celulele epiteliului intestinal; ulterior, digestia este intracelulară, la nivelul vacuolelor digestive din celulele intestinului.

Teniile, ca urmare a adaptării la viaţa parazitară, n-au sistem digestiv şi se hrănesc prin osmoză.

La **nematelminţi** *(Ascaris)* sistemul digestiv începe cu orificiul bucal, înconjurat de 3 buze, se continuă cu un faringe musculos şi glandular, apoi cu intestinul care la femelă se deschide prin anus. La mascul, partea posterioară a intestinului se termină într-o cloacă.

Digestia extracelulară şi absorbţia au loc în tubul intestinal. Viermele produce enzime care neutralizează acţiunea enzimelor intestinale ale gazdei, ferindu-l de a fi digerat.

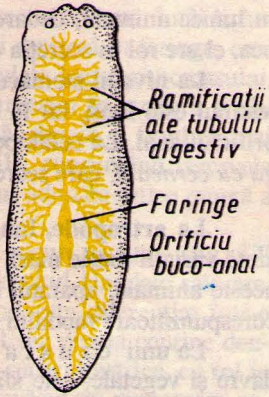


Fig. 54. Sistemul digestiv la platelminţi.

REȚINEȚI! La nematelminți, pentru prima oară în seria animală, tubul digestiv prezintă cele două orificii: bucal și anal.

Sistemul digestiv al **anelidelor** prezintă unele particularități. Astfel, la râmă există gura, un faringe musculos și glandular care secretă enzime cu acțiune asupra proteinelor. Esofagul este prevăzut cu o gușă, urmată de o pipotă cu pereți musculoși; în esofag se deschid glandele calcaroase, al căror produs are rol în reglarea echilibrului ionilor din lichidele corpului. Gușa are pereții subțiri și funcționează ca organ de depozitare a alimentelor, iar pipota ajută la triturarea acestora. Tubul digestiv se continuă cu intestinul, care este prevăzut cu multe cecuri glandulare ce măresc suprafața de digestie și absorbție. Intestinul se deschide la exterior prin anus.

La lipitori, cavitatea bucală prezintă fălci chitinoase cu zimți pe margine și glande salivare, care secretă *hirudină,* o substanță cu rol anticoagulant. Faringele, de forma unei trompe aspiratoare, este urmat de esofag, care face trecerea spre stomacul voluminos; acesta conține 10 perechi de pungi. După ce lipitoarea a supt sânge, care a umplut toate pungile, se desprinde de pradă și se lasă la fundul apei, hrănindu-se mult timp din aceste rezerve. Intestinul se termină prin anus.

Digestia anelidelor este extracelulară.

La **moluște,** sistemul digestiv este alcătuit din tub digestiv și glande anexe, cu anumite adaptări la regimuri de hrană foarte variate. Moluștele sunt microfage, fitofage și carnivore predatoare. La g a s t e r o p o d e și c e f a l o p o d e, în cavitatea bucală se întâlnesc 1–2 plăci chitinoase, numite maxile. La cefalopode, maxilele au rol în sfâșierea prăzii și străpungerea craniului acesteia.

● Observați cu lupa limba unui melc. Ce constatați?

Cavitatea bucală conține limba, acoperită cu o piesă prevăzută cu numeroși dinți, numită *radulă.* În vecinătatea radulei se deschid canalele salivare, care aduc un mucus ce conține enzime, sau uneori venin (fig. 55).

Cavitatea bucală a l a m e l i b r a n h i a t e l o r nu prezintă piesele menționate la celelalte moluște. În schimb, pe marginea orificiului bucal se observă palpi labiali ciliați, care au rolul de a transporta microparticulele alimentare spre gură.

Sistemul digestiv al moluștelor prezintă, pentru prima dată, glanda anexă, *hepatopancreasul,* care se deschide în stomac. Apariția acestuia marchează un vizibil progres în lumea animală, deoarece celulele sale produc enzime necesare digestiei. De asemenea, el are rol în secreția calcarului din cochilie.

La nivelul stomacului are loc digestia extracelulară. La speciile vegetariene, intestinul este lung, iar la cele carnivore, scurt. El se deschide în cavitatea paleală prin orificiul anal. La cefalopode, intestinul terminal (rectul) prezintă o glandă numită *punga cu cerneală,* care secretă cerneala, cu rol în apărarea animalului (fig. 56).

La **artropode,** lungimea și diferențierea în segmente a sistemului digestiv prezintă variații foarte mari, legate de compoziția hranei și modul ei de procurare. La toate aceste animale, aparatul bucal este format din mai multe piese, cu o structură variată, corespunzătoare modului de hrănire.

La unii c r u s t a c e i, de exemplu la rac, hrana formată din animale mici, cadavre și vegetale, este sfărâmată cu aparatul bucal și apoi, prin esofag, ajunge în stomacul triturant, prevăzut cu dinți chitinoși și bobițe de calcar, unde este transformată în particule mai mici. Digestia se continuă în stomacul filtrator, care reține părțile

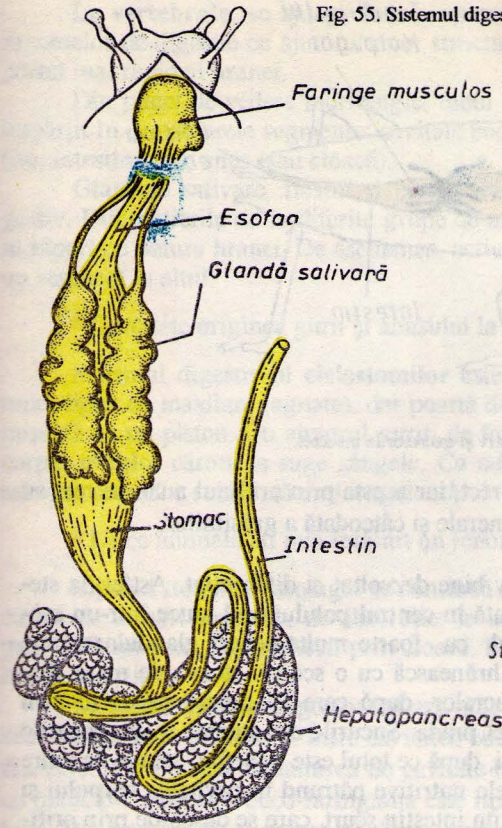


Fig. 55. Sistemul digestiv la gasteropode.

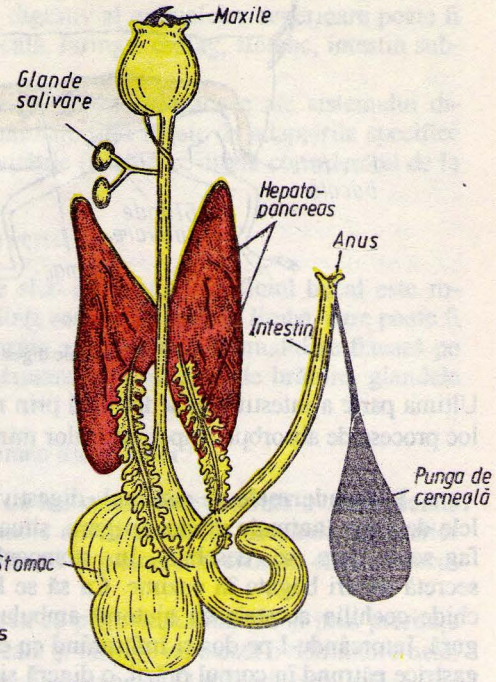


Fig. 56. Sistemul digestiv la cefalopode.

nedigerate. Corespunzător modului de hrănire microfag, la alți crustacei nu există stomacul triturant. Intestinul este partea cea mai activă a sistemului digestiv, unde se elaborează enzimele și se absorb substanțele nutritive; în el se deschid canalele hepatopancreasului, a cărui secreție este bogată în enzime și săruri biliare. Intestinul se deschide la exterior prin orificiul anal.

La a r a h n i d e hrana, formată cel mai adesea din insecte, este mai întâi lichefiată cu ajutorul enzimelor produse de glandele salivare și apoi aspirată în faringe, esofag și gușă. În intestin, unde se află enzimele eliberate de celulele hepatopancreasului, se definitivează digestia extracelulară și intracelulară. Tot în intestin se produce și absorbția substanțelor asimilabile. Digestia la arahnide este lentă, durata ei fiind de mai multe săptămâni. Animalele pot rezista la inaniție luni de zile, consumând rezervele acumulate în diverticulii intestinali. Resturile neasimilabile sunt adunate într-o pungă a intestinului și expulzate prin anus.

Tubul digestiv al i n s e c t e l o r care se hrănesc cu sucuri vegetale (fig. 57) este mai lung. Acesta cuprinde o cavitate bucală, în care se deschid glandele salivare. Faringele este bine dezvoltat la insectele hematofage; esofagul este diferențiat într-o gușă, cu rol în stocarea alimentelor. La unele insecte, stomacul sau pipota conține denticuli chitinoși, cu rol în măcinarea alimentelor, și numeroase sucuri gastrice, cu rol în digestie și absorbție. Intestinul celor mai multe insecte este prevăzut cu numeroase cecuri, care secretă enzime cu rol în digestia extracelulară. La insectele fitofage, cecurile conțin microorganisme simbionte, care contribuie la digestia celulozei și lemnului.

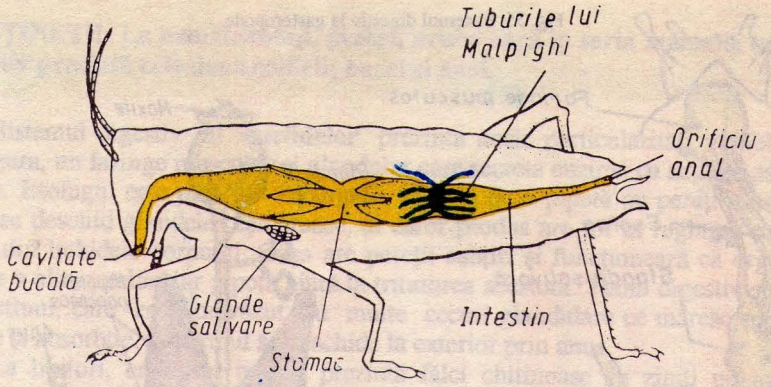


Fig. 57. Sistemele digestiv şi excretor la insecte.

Ultima parte a intestinului se termină prin rect, iar acesta prin orificiul anal. În rect au loc procese de absorbţie a apei, sărurilor minerale şi câteodată a grăsimilor.

Echinodermele au sistemul digestiv bine dezvoltat şi diferenţiat. Astfel, la stelele de mare (animale răpitoare) gura, situată în centrul polului oral, duce într-un esofag scurt, care se deschide în stomacul cu foarte multe cecuri glandulare, care secretă sucuri bogate în enzime. Ca să se hrănească cu o scoică, steaua de mare deschide cochilia acesteia cu ajutorul ambulacrelor, după care îşi scoate stomacul prin gură, întorcându-l pe dos şi înfăşurând cu el prada. Sucurile din stomac şi din cecurile gastrice pătrund în corpul prăzii, o digeră şi, după ce totul este lichefiat, steaua de mare îşi retrage stomacul. Prin osmoză substanţele nutritive pătrund în cavitatea corpului şi de aici în ţesuturi. Stomacul se continuă cu un intestin scurt, care se deschide prin orificiul anal.

La aricii de mare, hrana, formată din moluşte, crustacei şi alge, este sfărâmată cu ajutorul unui aparat masticator, aşezat în dreptul gurii, numit *lanterna lui Aristot.* Gura se continuă cu esofagul, care străbate lanterna, şi cu intestinul, care este prevăzut cu două anse. Într-una din acestea sunt secretate sucurile digestive, care participă la digerarea alimentelor, iar în cealaltă se formează fecalele, care sunt eliminate prin orificiul anal.

Digestia la cordate

Urocordatele prezintă, la suprafaţa corpului, două orificii, numite sifoane. Unul – cel *bucal* – duce în faringele voluminos şi perforat, care serveşte la respiraţie şi la transmiterea hranei în esofag. De aici, particulele alimentare ajung în stomac şi intestin, unde are loc digestia. Intestinul se deschide prin anus în cavitatea perifaringiană. Excrementele, împreună cu apa, sunt eliminate prin *sifonul cloacal.*

La **cefalocordate** orificiul bucal este înconjurat de o coroană de cili, care filtrează apa. Faringele, care îndeplineşte funcţii digestive şi respiratorii, se continuă cu esofagul, iar acesta cu intestinul, deschis la exterior prin orificiul anal. Intestinul este prevăzut cu un cecum hepatic, cu rol în secreţia sucurilor digestive. Hrana, formată din organisme microscopice, ajunge în intestin, unde este supusă proceselor de digestie extracelulară şi intracelulară.

La **vertebrate**, se ajunge la o creştere considerabilă a eficienţelor şi rapidităţii proceselor de digestie cu ajutorul unor structuri secretorii şi motorii, care permit transportul mai rapid al hranei.

Din punct de vedere morfologic, tubul digestiv al animalelor superioare poate fi împărţit în următoarele segmente: cavitate bucală, faringe, esofag, stomac, intestin subţire, intestin gros, anus (sau cloacă).

Glandele salivare, ficatul şi pancreasul sunt glandele anexe ale sistemului digestiv. Diferenţierile de la diferite grupe de animale sunt legate de adaptările specifice în raport cu natura hranei. De asemenea, activităţile fiziologice diferă considerabil de la un segment la altul.

● Care este originea gurii şi anusului la vertebrate?

Sistemul digestiv al **ciclostomilor** este slab diferenţiat. Orificiul bucal este rotund, lipsit de maxilare (agnate), dar poartă dinţi cornoşi pe buze şi limbă, care poate fi mişcată ca un piston. Cu ajutorul gurii, de forma unei ventuze, animalul se fixează pe corpul peştilor cărora le suge sângele. Ca adaptare la acest mod de hrănire, glandele salivare secretă o substanţă anticoagulantă.

● La ce animale ai mai întâlnit un fenomen asemănător?

Lipsind stomacul, esofagul se continuă cu intestinul, care prezintă o cută specială cu rol de a mări suprafaţa de absorbţie; la unele specii acesta se deschide la exterior prin orificiul anal, iar la altele, prin cloacă. Ficatul şi pancreasul exocrin elimină sucurile în intestin.

La **peşti**, sistemul digestiv variază atât în ce priveşte forma, cât şi prin prezenţa sau absenţa unor segmente. Între cavitatea bucală şi faringe nu există o delimitare netă, din care cauză poartă denumirea de cavitate buco-faringiană. La peştii care se hrănesc cu plancton, cavitatea buco-faringiană este lipsită de dinţi, iar la peştii prădători şi fitofagi, este prevăzută cu numeroşi dinţi, inseraţi pe toate oasele cavităţii. Limba este o simplă îngroşare a planşeului bucal, ea având diferite dimensiuni la diferite specii. Ca o adaptare la mediul de viaţă, peştii nu au glande salivare deoarece apa umectează hrana. Esofagul este scurt la peştii lipsiţi de stomac (crap) şi se continuă cu intestinul. La peştii răpitori (ştiuca, bibanul) care înghit prada întreagă, stomacul este voluminos şi are o mare putere de dilatare.

Glandele gastrice secretă un suc care conţine pepsină şi HCl, cu rol în digestia proteinelor. Intestinul peştilor prezintă lungimi diferite, în funcţie de specie şi de regimul alimentar. Ca urmare a prezenţei unui stomac mare, peştii răpitori au intestinul scurt, iar cei fitofagi au stomac mic, compensat de un intestin lung. La foarte multe specii de peşti, intestinul prezintă prelungiri tubulare – apendici pilorici – cu rol în producerea unor enzime şi în absorbţia sucurilor nutritive. La peştii cartilaginoşi, rectul se deschide într-o cloacă, iar la celelalte specii acesta se termină prin orificiul anal. Glandele digestive mari, ficatul şi pancreasul se deschid în partea anterioară a intestinului. Ficatul peştilor prezintă lobi şi o veziculă biliară.

● Reamintiţi-vă rolul bilei şi al sucului pancreatic în digestie!

Datorită unui mod de nutriţie mai variat, sistemul digestiv al **amfibienilor** este mai dezvoltat ca la peşti. Cavitatea bucală este largă şi cuprinde dinţi mărunţi, iar unele specii sunt complet lipsite de dentiţie. Cavitatea bucală păstrează încă un rol important în transportul aerului la plămâni, în ea deschizându-se fosele nazale. La unele anure, limba, organul adaptat pentru prinderea prăzii (insecte, păianjeni, melcişori etc.), este

fixată anterior de planşeul bucal şi poate fi proiectată în afară prin răsturnare. Mucoasa cavităţii bucale a amfibienilor conţine numai glande care elaborează mucusul. Faringele nu este diferenţiat, iar esofagul este scurt. La formele serpentiforme, esofagul este lung. Stomacul are forma unui sac cu mai multe regiuni, în pereţii cărora se află glande care secretă mucus şi pepsină. Prima ansă a intestinului subţire corespunde regiunii duodenale de la mamifere şi în ea se deschid canalele celor două glande voluminoase – ficatul şi pancreasul. Rectul se deschide într-o cloacă.

La **reptile,** sistemul digestiv are segmentele mai bine diferenţiate. Cavitatea bucală este bine delimitată, iar mandibula este astfel articulată, încât îi permite deschiderea largă. Dinţii se dezvoltă nu numai pe fălci, ci şi pe alte oase ale cavităţii bucale. Forma şi structura lor variază foarte mult şi se deosebesc de cei ai peştilor şi amfibienilor printr-o relativă specializare. La unii şerpi şi şopârle, dinţii prezintă şanţuri prin care circulă veninul, elaborat de glandele veninoase. Peştii, amfibienii şi reptilele prezintă trei sau mai multe generaţii de dinţi. La cele mai multe şopârle şi şerpi, limba este subţire şi bifurcată la vârf, musculoasă şi mobilă, putând fi mult proiectată în afară. Ea este prinsă în regiunea faringelui şi liberă în partea anterioară. Faringele scurt se continuă cu un esofag foarte lung la crocodili. El este extrem de extensibil la şerpi, deoarece aceştia consumă prada întreagă. Enzimele secretate digeră şi oasele prăzii.

La crocodili stomacul muscular este asemănător pipotei păsărilor, iar stomacul propriu-zis conţine numeroase glande care secretă sucul gastric. Intestinul este diferenţiat în intestin subţire şi gros (colon). Intestinul subţire prezintă ansa „duodenală", la nivelul căreia se deschid canalele hepatice şi pancreatice. Mucoasa intestinală conţine glande care secretă sucul intestinal. Intestinul gros, larg şi rectiliniu, se deschide în cloacă. Ficatul este foarte voluminos şi prezintă două canale hepatice, iar vezica biliară este mică. Pancreasul prezintă diferite grade de dezvoltare. La reptilele carnivore, acesta este mai dezvoltat decât la cele erbivore. Digestia este strâns dependentă de temperatura mediului ambiant. Astfel, la viperă, absorbţia nutrimentelor se face numai la temperaturi de pete 15°C. În zonele reci, unde ziua temperatura ridicată este de scurtă durată, reptilele consumă animale mici, uşor digerabile.

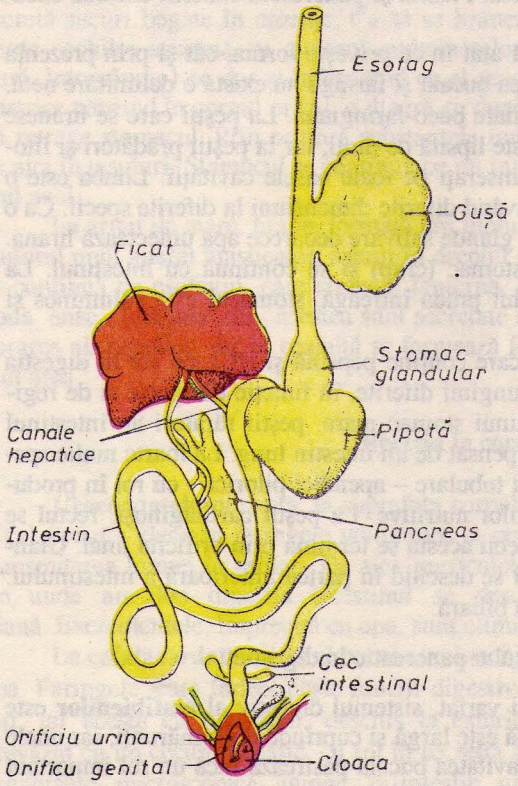


Fig. 58. Sistemul digestiv la păsări.

La **păsări** (fig. 58), structura şi funcţia sistemului digestiv sunt adaptate mediului de viaţă şi regimului de hrană foarte variat. Lipsa dinţilor, prezenţa guşii, diferenţierea stomacului, reducerea intestinului gros, sunt numai câteva din adaptările păsărilor.

Efectuaţi următoarea disecţie la porumbel: fixaţi animalul (anesteziat cu cloroform sau eter), cu partea ventrală în sus, pe o placă de lemn sau într-o tavă de disecţie. Întindeţi-i aripile şi picioarele şi fixaţi-le cu ajutorul boldurilor. Smulgeţi penele de pe faţa ventrală şi tăiaţi pielea cu foarfecele, începând de la baza ciocului până la orificiul cloacal. Se mai fac două tăieturi transversale, una în dreptul aripilor, iar alta în dreptul picioarelor. Detaşaţi cu atenţie pielea (mai ales la nivelul guşii) şi apoi tăiaţi musculatura pectorală, până apare osul stern. Cu o pensă ridicaţi sternul, iar cu foarfecele tăiaţi şi îndepărtaţi coastele şi claviculele. În acest fel, se deschide cavitatea generală a corpului. Pentru ca organele interne să nu se usuce, se recomandă, ca din timp în timp, să treceţi pe suprafaţa lor un tampon de vată îmbibat cu apă. Îndepărtaţi inima şi observaţi sistemul digestiv. Desprindeţi-l de corp şi aşezaţi-l într-un vas cu apă.

Observând sistemul digestiv de la porumbel, enumeraţi componentele acestuia!

Sistemul digestiv al păsărilor prezintă unele particularităţi. Astfel, la păsările granivore (găină, porumbel), în pereţii cavităţii bucale, se întâlnesc numeroase glande mucoase, glandele salivare fiind reduse. La speciile insectivore (ciocănitoare, rândunică), glandele salivare sunt foarte dezvoltate.

La păsări, faringele lipseşte, iar esofagul se dilată, formând o guşă voluminoasă, care serveşte la înmagazinarea şi înmuierea alimentelor. La porumbel, în perioada de hrănire a puilor, pereţii guşii secretă un lichid lăptos, cu care îi hrăneşte. Stomacul este diferenţiat în stomac glandular, care secretă sucul gastric, bogat în HCl şi enzime proteolitice, şi stomac musculos, cu pereţii groşi (pipota) în care alimentele sunt sfărâmate.

Secţionaţi cu un bisturiu pipota şi observaţi că aceasta este căptuşită de o membrană cornoasă. Pipota conţine numeroase grăuncioare de nisip, înghiţite de păsări. La ce ajută acestea?

La unele păsări răpitoare (ciuf, cucuvea, bufniţă) resturile alimentare care nu pot fi măcinate (oase, păr, pene, cochilii etc.) sunt făcute cocoloş şi eliminate pe cale bucală sub formă de *ingluvii*.

Intestinul subţire începe cu „ansa duodenală", urmată de alte numeroase anse. Mucoasa lui, cutată, posedă glande care secretă sucuri bogate în enzime necesare digerării proteinelor şi glucidelor. La limita dintre intestinul subţire şi intestinul gros se află o pereche de cecuri intestinale, mici la porumbel; acestea intervin atât în absorbţia apei cât şi în digestia celulozei din hrană, sub acţiunea florei bacteriene.

Ficatul este o glandă voluminoasă, cu rol asemănător la toate vertebratele şi este format din doi lobi. La porumbel, vezica biliară lipseşte, astfel că secreţia biliară se scurge direct în duoden prin două canale.

Pancreasul elimină în duoden sucul pancreatic, bogat în enzime proteolitice, amilolitice (degradează amidonul) şi lipolitice.

Intestinul gros este scurt şi se deschide în cloacă.

La **mamifere**, dentiţia, lungimea şi structura sistemului digestiv sunt strâns legate cu nutriţia carnivoră, erbivoră sau omnivoră. Cavitatea bucală atinge cel mai înalt grad de organizare. Aceasta se distinge prin prezenţa obrajilor, buzelor şi dinţilor înfipţi în alveolele dentare din maxilă şi mandibulă.

Analizaţi mulaje cu diferite tipuri de dentiţie de mamifere. Determinaţi modul de hrănire!

Limba, organ musculos, mobil, cu forme variate, intervine în prehensiune, masticaţie, deglutiţie şi perceperea excitaţiilor gustative.

Glandele salivare sunt bine dezvoltate la rumegătoare şi la mamiferele fără dinţi (edentate), dar lipsesc la cetacee. La nivelul cavităţii bucale se realizează prehensiunea alimentelor, suptul, masticaţia, formarea bolurilor alimentare şi începutul unor procese de digestie chimică, cu ajutorul enzimelor salivare.

Dinţii mamiferelor sunt diferenţiaţi în: incisivi, canini, premolari şi molari. La unele mamifere există două dentiţii succesive: dentiţia de lapte, care este înlocuită cu dentiţia definitivă. La unele cetacee şi edentate, dentiţia regresează, iar la balenă dispare.

La nivelul faringelui are loc încrucişarea căii digestive cu cea respiratorie; numai la cetacee şi cabaline se întâlneşte completa separare a celor două căi. Între faringe şi stomac se interpune esofagul. Stomacul, partea cea mai voluminoasă a sistemului digestiv, are dimensiuni şi forme foarte variate, în strânsă legătură cu natura hranei.

La cal, măgar, zebră, rinocer etc. există un stomac simplu (unicameral), iar la cămilă, vacă, oaie, stomacul este compus (multicameral).

●Care mamifere au stomac format din burduf, ciur, foios şi închegător?

Glandele tubuloase din mucoasa gastrică sunt mai diferenţiate decât la amfibieni, reptile şi păsări; ele secretă sucul gastric, bogat în mucus, pepsinogen (cu rol în digestia proteinelor) şi HCl.

●La nivelul stomacului se desfăşoară diferite tipuri de mişcări. Ce rol au acestea?

Indiferent de tipul de stomac, acesta comunică cu esofagul prin orificiul cardia şi cu intestinul subţire prin orificiul pilor.

Intestinul subţire are lungimi diferite: este scurt la carnivore (6–7 m la leu), mai lung la omnivore (20 m la porc) şi foarte lung la erbivore (50 m la bou).

Mucoasa intestinală prezintă cute pe care se află vilozităţile intestinale şi glandele intestinale. La nivelul intestinului subţire se desfăşoară digestia chimică, sub acţiunea conjugată a sucului intestinal, pancreatic şi bilei. Tot la nivel intestinal se realizează şi o activitate motorie, care are ca efect amestecarea conţinutului alimentar cu sucurile respective, absorbţia nutrimentelor şi propulsarea materialului nedigerat spre intestinul gros.

●În ce constă procesul de absorbţie a nutrimentelor?

Intestinul gros este alcătuit din cecum, colon şi rect. Cecumul lipseşte la lilieci, urs şi unele rozătoare; la erbivore este foarte lung (1–2 m), iar la maimuţe şi om este atrofiat, formând apendicele vermiform. Deschiderea intestinului subţire în cel gros este marcată de valvula ileocecală.

Colonul prezintă o porţiune ascendentă, una transversă, alta descendentă şi sigmoidă, continuându-se cu rectul care, prin anus se deschide la exterior. Monotremele au cloacă. În intestinul gros se formează materiile fecale, care sunt eliminate prin actul defecaţiei. Mucoasa intestinului gros îndeplineşte şi funcţie de absorbţie, în special a apei şi a unor săruri minerale.

Ficatul este cea mai voluminoasă glandă a organismului şi secretă bila. Aceasta este evacuată prin unul sau mai multe canale hepatice. Când există vezică biliară*, canalul acesteia se uneşte cu cel hepatic şi formează canalul coledoc, care se deschide în duoden.

---

* Vezica biliară lipseşte la unele rozătoare, cetacee, cervide şi antilope.

Bila, secretată de celulele hepatice, intervine în procesele de digestie şi absorbţie a lipidelor printr-o serie de substanţe pe care le conţine (săruri biliare, pigmenţi biliari, săruri minerale).

Pancreasul, o glandă mare, asemănătoare glandelor salivare, secretă sucul pancreatic, care, prin intermediul a două canale, ajunge în duoden. Sucul conţine enzime care scindează proteinele, glucidele şi lipidele.

Unele particularităţi ale digestiei la mamifere. Reamintiţi-vă din clasa a VI-a regimul de hrănire al animalelor erbivore, carnivore şi omnivore!

– La erbivore, prehensiunea alimentelor, masticaţia şi înmuierea acestora prezintă o importanţă deosebită. Cantitatea mare de alimente vegetale ingerate determină secreţia foarte abundentă a glandelor salivare. Zilnic, la bovine se secretă 60 l salivă, iar la cabaline, 40 l.

● Cu ajutorul figurii 59, amintiţi-vă modul de funcţionare al unui stomac tetracameral!

Digestia gastrică a erbivorelor este, în mod esenţial, condiţionată de prezenţa unei bogate populaţii de bacterii (floră simbiontă) şi de infuzori. Sub acţiunea enzimelor produse de flora bacteriană au loc procese digestive de tip fermentativ, prin care sunt digerate glucidele, inclusiv celuloza.

Digestia propriu-zisă a alimentelor se produce în stomacul glandular – închegătorul* (cheag).

Intestinul subţire este foarte lung, ca urmare a masei alimentare voluminoase pe care trebuie s-o digere.

La erbivorele cu stomac pluricameral (vacă) intestinul gros este mai puţin dezvoltat, în comparaţie cu erbivorele care au stomac unicameral (cal). La cal, în intestinul gros se produc înmuierea furajelor grosiere, care n-au fost digerate în celelalte segmente şi degradarea celulozei de către flora bacteriană. Ca urmare, la nivelul mucoasei intestinului gros, au loc procese de absorbţie a apei, sărurilor minerale şi nutrimentelor.

– La carnivore, prehensiunea şi masticaţia se desfăşoară rapid. Stomacul lor este unicameral şi foarte extensibil, depozitând cantităţi mari de alimente pentru o perioadă îndelungată de timp. Din stomac trec în duoden cantităţi mici de conţinut gastric.

Intestinul subţire este scurt, iar digestia se realizează rapid şi cu un maximum de eficienţă.

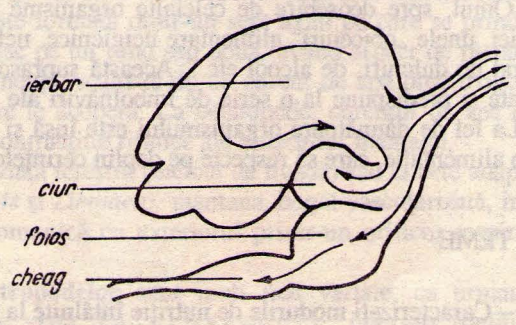


Fig. 59. Sistemul digestiv la erbivore rumegătoare.

* În închegătorul puilor de rumegătoare se află o enzimă (labfermentul) care încheagă laptele.

Intestinul gros este, de asemenea, puțin dezvoltat și prezintă o importanță funcțională redusă. În el se află o floră bacteriană bogată, care realizează procese fermentative și de putrefacție.

– Omnivorele (porc, urs, om) prezintă mișcări masticatorii (de fragmentare și triturare a hranei) mult mai complexe decât erbivorele și carnivorele.

Stomacul are rol în depozitarea temporară a alimentelor, iar în sucul gastric se află enzime proteolitice.

Intestinul subțire are lungimi intermediare celor întâlnite la erbivore și carnivore. La nivelul său se realizează procesele complexe de digestie și absorbție a nutrimentelor.

Flora bacteriană întâlnită în intestinul gros este de două feluri: de fermentație și de putrefacție. Glucidele, și în special celuloza, sunt degradate fermentativ, substanțele proteice nedescompuse de sucul intestinal și pancreatic sunt atacate de flora de putrefacție, rezultând substanțe toxice, care ajung la ficat, unde sunt inactivate. Secreția intestinului gros, bogată în mucus, are rol lubrifiant (de ungere). De asemenea, mucoasa intestinului gros realizează și importante funcții de absorbție a apei și a sărurilor minerale.

Necesitățile nutritive ale organismului animal. Animalele au o serie de cerințe cantitative și calitative în ceea ce privește hrana. Aceasta trebuie să acopere, prin elementele și substanțele chimice pe care le conține, necesitățile plastice, energetice și catalitice ale organismului.

Animalele inferioare, în comparație cu cele superioare, au posibilități de sinteză a unor aminoacizi și acizi grași esențiali, incomparabil mai ridicate. Cunoașterea factorilor alimentari esențiali prezintă o deosebită importanță practică, pentru că, pe baza ei, se poate asigura o hrănire corespunzătoare a omului și a animalelor utile.

Carența de aminoacizi esențiali, de exemplu, împiedică sinteza unor proteine indispensabile organismului având ca rezultat grave perturbări ale metabolismului acestuia.

Tot atât de importantă este și prezența substanțelor minerale, care intervin în numeroase procese, cum ar fi formarea scheletului, activarea a numeroase enzime, reglarea presiunii osmotice din mediul intern, gradul de excitabilitate neuro-musculară etc.

Un rol de seamă în cadrul transformărilor metabolice din celulele organismului îl au, alături de enzime, și vitaminele.

• Amintiți-vă rolul vitaminelor!

Omul, spre deosebire de celelalte organisme animale, a dobândit, în decursul evoluției, unele „obiceiuri" alimentare neigienice, nefiziologice (de exemplu, consumul exagerat de dulciuri, de alcool etc.). Această suprasolicitare a tubului digestiv duce la obezitate și predispune la o serie de îmbolnăviri ale altor organe (ficat, rinichi, inimă etc.). La fel de dăunătoare organismului este însă și subnutriția. În consecință, se impune o alimentație, care să respecte pe deplin cerințele fiziologice ale organismului.

TEME

– Caracterizați modurile de nutriție întâlnite la plante și animale.

– Menționați unele caracteristici rezultate din studiul anatomic al sistemului digestiv în seria animală.

2.2. RESPIRAȚIA ÎN SERIA ANIMALĂ

Schimburile de gaze dintre organism şi mediu, care constau în obținerea oxigenului indispensabil vieții şi eliminarea dioxidului de carbon – rezultat al proceselor de oxidoreducere – se realizează la nivelul unor organe care alcătuiesc *sistemul respirator.* Majoritatea animalelor sunt *aerobe,* prcurându-şi oxigenul molecular din mediul înconjurător (respirație aerobă), iar puține sunt *anaerobe,* folosind oxigenul din anumite substanțe.

La majoritatea nevertebratelor şi la toate vertebratele există organe respiratorii diferențiate.

Respirația la nevertebrate

La **protozoare,** schimburile de gaze se realizează direct pe toată suprafața corpului. Protozoarele parazite, care trăiesc în medii sărace sau lipsite de oxigen atmosferic, s-au adaptat la un mod de respirație anaerob. Ele obțin oxigenul necesar proceselor de oxidare din degradarea glicogenului – substanță de rezervă din celulele gazdei. Unele specii, cum sunt paraziții sângelui, realizează ca şi protozoarele libere, o respirație aerobă, sângele fiind bine oxigenat.

Spongierii şi **celenteratele** nu au organe respiratorii specializate; schimbul de gaze la spongieri se face direct prin porii inhalanți şi oscul iar, la celenterate, prin pereții sistemului gastrovascular.

La **platelminții** liberi acvatici (turbelariate), schimburile respiratorii au loc prin difuziune la nivelul tegumentului – respirație tegumentară. La formele parazite (cestode şi trematode) care trăiesc în condiții anaerobe, schimburile de gaze nu mai au loc la suprafața tegumentului. Ele îşi procură oxigenul necesar din degradarea glicogenului gazdei.

Nematodele libere au tot o respirație tegumentară, iar cele parazite respiră anaerob.

Majoritatea **anelidelor** nu prezintă organe respiratorii localizate, respirația realizându-se pe suprafața corpului. Tegumentul acestor animale este subțire, umed, bogat vascularizat, asigurând aprovizionarea cu oxigen a țesuturilor. La unele specii acvatice de polichete, oligochete şi hirudinee care trăiesc în soluri sărace în oxigen, există o respirație branhială, reprezentată prin branhii externe, bogat vascularizate.

Sistemul respirator al **moluştelor** acvatice este reprezentat prin branhii, situate în cavitatea paleală. Fiecare branhie este formată dintr-un sept axial pe care se prind lamele branhiale ciliate, subțiri, dispuse pe un rând sau două, având aspect de pieptene. Branhiile scoicilor sunt, în permanență, scăldate de un curent de apă bine oxigenat, datorită mişcării cililor vibratili care le acoperă. La cefalopode, curentul de apă care scaldă branhiile este determinat de contracțiile ritmice ale muşchilor mantalei.

La gasteropodele adaptate la viața terestră (melcul de livadă) sau la cele adaptate secundar la mediul acvatic *(Planorbis* şi *Limnaea),* mantaua, bogat vascularizată, îndeplineşte funcție de plămân care comunică cu exteriorul printr-un orificiu respirator (fig. 60).

Organele respiratorii ale **artropodelor** sunt mult mai variate, ca urmare a adaptării lor la diferitele medii de viață. La crustaceii inferiori (dafnii şi ciclopi), schimburile repiratorii se fac la nivelul tegumentului. La crustaceii superiori, organele respiratorii sunt branhiile, adăpostite în camera branhială, în care circulă permanent un curent de apă.

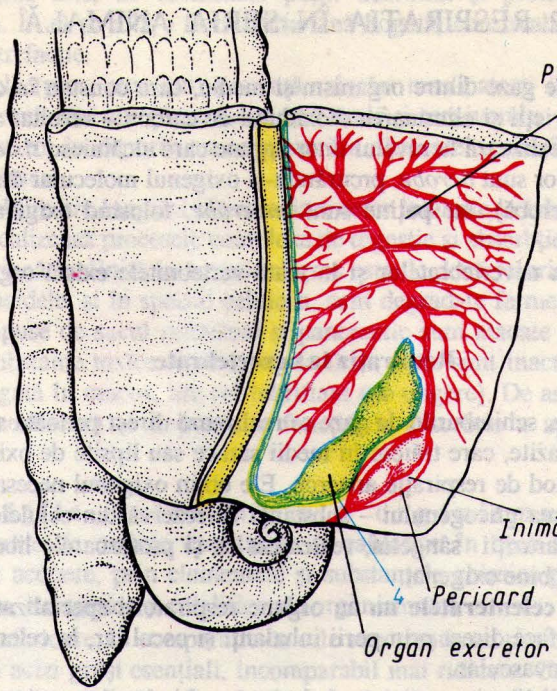


Fig. 60. Sistemele respirator şi circulator la gasteropode.

• Tăiaţi carapacea unui rac cu ajutorul unui foarfece. Observaţi branhiile care se prezintă ca nişte formaţiuni franjurate şi fragile, fiind puternic vascularizate!

Artropodele terestre au ca organe respiratorii *traheile* sau *plămânii*. Traheile sunt invaginări ectodermice care se întâlnesc la insecte, miriapode şi la unele arahnide. Ele constituie un sistem complicat de tuburi care se întind în toate regiunile corpului (fig. 61). Traheile comunică cu exteriorul prin orificii numite *stigme*, dispuse pe torace şi abdomen. Prin sistemul de trahei, oxigenul ajunge direct în sânge şi la celulele corpului.

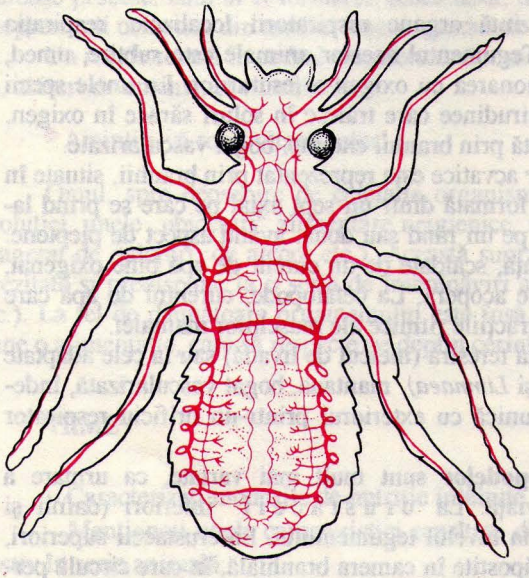


Fig. 61. Sistemul respirator la insecte.

Primenirea aerului în aparatul traheal al insectelor se face prin mişcările respiratorii, realizate de contracţia şi relaxarea muşchilor abdomenului şi toracelui.

Aerul pătrunde prin stigme datorită mişcărilor ritmice de deschidere şi închidere ale acestora, realizate cu ajutorul unor muşchi.

Dintre artropode, numai arahnidele au organe respiratorii reprezentate prin plămâni; aceştia sunt

plasați pe partea ventrală a abdomenului și au forma unor saci, cu pereții pliați, fiind tot invaginări ectodermice, ca și traheile.

La **echinoderme** respirația se efectuează la nivelul ambulacrelor și tegumentului.

Respirația la vertebrate

La **vertebrate** s-au diferențiat mai multe tipuri de organe, care participă la schimbul de gaze dintre organism și mediu, dintre care cele mai importante sunt: *branhiile* și *plămânii*.

Branhiile **ciclostomilor** sunt situate în pungile branhiale; acestea se deschid cu un capăt în faringe prin fantele branhiale, iar la exterior, prin mai multe orificii independente sau printr-un canal comun. Apa încărcată cu oxigen pătrunde în pungile branhiale prin fantele branhiale sau prin gură și, la nivelul lamelor branhiale, bine vascularizate, are loc schimbul de gaze. Apa încărcată cu dioxid de carbon iese din pungi, tot prin fantele branhiale.

La **pești,** respirația prin branhii reprezintă mecanismul de bază al schimbului de gaze respiratorii.

La peștii cartilaginoși branhiile sunt protejate în pungi branhiale, fiecare deschizându-se separat atât la exterior cât și în faringe; fantele branhiale sunt acoperite de un mic capac branhial.

• Cu ajutorul unui foarfece, tăiați operculul unui pește osos și veți observa cinci arcuri branhiale osoase, dintre care numai patru poartă branhii. Detașați o branhie, puneți-o într-un cristalizor cu apă și observați-o cu lupa. Comparați cu desenul din figura 62.

Branhia este formată din lame branhiale, iar acestea, la rândul lor, sunt alcătuite din lamele branhiale. Lamelele sunt acoperite de un epiteliu unistratificat, bine vascularizat.

În inspirație, apa pătrunde prin gură în cavitatea branhială și scaldă branhiile. În expirație, gura se închide și apa, împinsă prin lamelele branhiilor, este eliminată pe sub operculele ridicate.

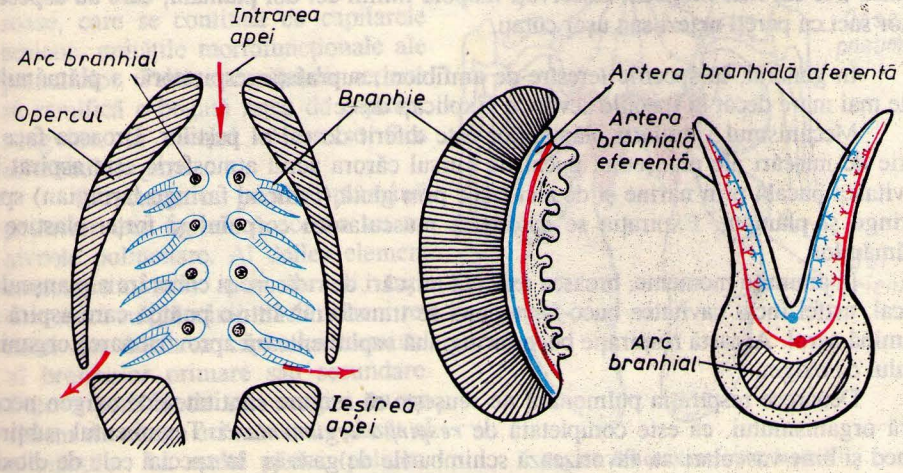


Fig. 62. Sistemul respirator la pești.

La peştii osoşi numărul mişcărilor respiratorii este direct proporţional cu intensitatea activităţii organismului, deci cu necesităţile lor faţă de oxigen. Există o strânsă legătură între cantitatea de oxigen conţinut în apa diferitelor bazine acvatice, speciile care le populează: astfel, păstrăvii nu pot trăi decât în apele reci de munte, cu o cantitate ridicată şi constantă de oxigen, iar crapii pot trăi şi în ape cu un conţinut mai scăzut şi variabil de oxigen.

La unele specii de peşti, cum sunt ţiparul şi zvârluga, un rol important în respiraţie îl are intestinul. Aceşti peşti, care populează şi bălţile noastre, se ridică la suprafaţa apei şi înghit bule de aer. La nivelul epiteliului intestinal are loc schimbul de gaze prin difuziune: oxigenul trece în sânge, iar dioxidul de carbon este eliminat prin orificiul anal. În condiţii normale de viaţă, în special când temperatura apei este scăzută, este suficientă respiraţia branhială. Când temperatura apei este crescută şi cantitatea de oxigen solvit scade, peştii înghit aer şi-şi completează respiraţia branhială.

La mulţi peşti osoşi un rol important în realizarea schimbului de gaze revine şi vezicii gazoase, bogat vascularizată, aceasta fiind o evaginare a esofagului sau stomacului.

La peştii dipnoi şi crosopterigieni, organele respiratorii accesorii sunt reprezentate prin plămâni, saci alungiţi care derivă din faringe.

● Explicaţi necesitatea acestor organe respiratorii, corelând-o cu condiţiile de viaţă!

Tot ca o completare a respiraţiei branhiale este şi respiraţia tegumentară, întâlnită la anghilă, precum şi prin branhii externe, de la embrionii şi larvele unor rechini şi dipnoi.

La **amfibieni,** sistemul respirator cuprinde căile de conducere a aerului, reprezentate prin fosele nazale, faringe, laringe, trahee, bronhii extrapulmonare şi plămâni.

● Aşezaţi o broască (după distrugerea axului cerebrospinal sau după anestezie) cu partea ventrală în sus şi cu un foarfece faceţi o incizie a tegumentului. Cu o pensă desprindeţi tegumentul de pe corp. Observaţi pielea pe faţa internă. Explicaţi de ce aceasta este bine vascularizată. În continuare, incizaţi muşchii, deschideţi cavitatea corpului şi fixaţi pereţii musculari cu ace cu gămălie. În timpul disecţiei, schimbaţi apa din vas, pentru a fi cât mai limpede. Observaţi înapoia inimii cei doi plămâni, care au aspectul unor saci cu pereţi netezi sau uşor cutaţi.

În general, la speciile terestre de amfibieni, suprafaţa respiratorie a plămânului este mai mare decât la speciile acvatice. Explicaţi de ce!

Mecanismul ventilării plămânilor este diferit de cel al peştilor. Broasca face o serie de mişcări ale planşeului bucal, în cursul cărora aerul atmosferic este aspirat în cavitatea bucală prin narine şi de aici trece prin glotă (orificiul faringo-laringian) spre laringe şi plămâni. Expiraţia se datorează musculaturii corpului şi forţei elastice a plămânilor.

În anumite momente, broasca execută mişcări de ridicare şi coborâre a planşeului bucal, astfel încât cavitatea buco-faringiană se transformă într-o pompă care aspiră şi elimină aerul. Această respiraţie buco-faringiană suplimentează aprovizionarea organismului cu oxigen.

Deoarece respiraţia pulmonară nu reuşeşte să asigure cantitatea de oxigen necesară organismului, ea este completată de *respirţia tegumentară*. Tegumentul subţire, umed şi bine vascularizat, favorizează schimburile de gaze şi în special cele de dioxid de carbon.

În stadiul larvar, amfibienii respiră prin branhii.

La **reptile** căile lor respiratorii se complică şi se diferenţiază mai mult decât la amfibieni. Mucoasa laringelui la cameleoni şi crocodili formează nişte cute, considerate corzi vocale. De asemenea, orificiul glotei este acoperit de epiglotă, un căpăcel care acoperă glota în momentul deglutiţiei. Forma şi structura plămânilor variază foarte mult de la un grup la altul. Ei au tot aspect saciform, deşi cutarea este mai pronunţată decât la amfibieni.

● Explicaţi de ce plămânii reptilelor sunt mai cutaţi decât plămânii amfibienilor!

La unele şopârle şi cameleoni, plămânii se continuă cu un fel de saci aerieni. Şerpii au un singur plămân, de formă cilindrică.

Mecanismul de realizare a mişcărilor respiratorii la reptile se aseamănă cu cel de la mamifere, având unele caracteristici. Prin contracţia şi relaxarea muşchilor ce se prind pe coaste, au loc mărirea şi micşorarea volumului cutiei toracice. Plămânii, care aderă parţial de cutia toracică, îşi măresc şi îşi micşorează volumul, o dată cu aceasta, având loc inspiraţia şi expiraţia. La chelonienii acvatici în respiraţie un rol au mişcările de coborâre şi de ridicare a planşeului bucal, iar la chelonienii tereştri, mişcările membrului corpului; când acestea sunt retrase în carapace, corpul se comprimă şi aerul este eliminat din plămâni şi invers, când acestea sunt scoase din carapace.

Sistemul respirator al **păsărilor** are o structură şi o funcţie cu totul particulare faţă de sistemul respirator al celorlalte vertebrate, datorită modului lor de viaţă, aşa cum se observă în figura 63.

Laringele este lipsit de corzi vocale, iar traheea, la locul unde se ramifică în cele două bronhii primare, prezintă un organ vocal caracteristic numai păsărilor, numit sirinx; acesta are rol în producerea şi modelarea sunetelor.

Traheea şi bronhiile au inele cartilaginoase, care le menţin deschise permanent. Această structură înlesneşte circulaţia aerului.

Plămânii păsărilor sunt localizaţi în cavitatea toracică şi sunt înveliţi de două pleure. În fiecare plămân pătrunde câte o bronhie primară. Din aceasta se desprind circa 12–16 bronhii secundare, care se ramifică într-un sistem de tuburi mici şi subţiri ce comunică între ele, numite parabronhii. De pe acestea pornesc bronhiile respiratorii, scurte şi numeroase, care se continuă cu capilarele aeriene, unităţile morfofuncţionale ale plămânilor. Printre capilarele aeriene se ramifică o bogată reţea de capilare sangvine, la nivelul cărora se face schimbul de gaze.

Caracteristic pentru plămânii păsărilor este faptul că aceştia nu au alveole pulmonare. Al doilea element caracteristic sunt sacii aerieni, care comunică cu plămânii. Sacii aerieni rezultă din dilatarea capătului terminal al bronhiilor primare sau secundare. Cele 9 perechi de saci aerieni au un volum de câteva ori mai mare decât al plămânilor. La multe păsări (pelican,

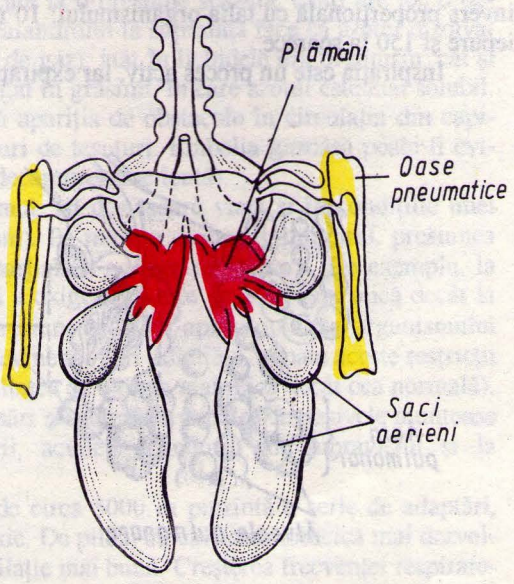


Fig. 63. Sistemul respirator la păsări.

barză, albatros, lebădă etc.), ramificaţii ale sacilor aerieni pătrund în interiorul unor oase (stern, coaste) pe care le pneumatizează.

Sacii aerieni intervin şi în menţinerea constantă a temperaturii corpului, aerul fiind un bun strat termoizolator. Când pasărea nu zboară, inspiraţia şi expiraţia sunt determinate de mişcările cutiei toracice, sub acţiunea muşchilor intercostali. Suplimentarea plămânilor cu aer se face cu ajutorul sacilor aerieni. La pasărea în zbor, cutia toracică devine imobilă, servind doar ca suport pentru aripi. Muşchii care acţionează aripile dilată şi contractă sacii aerieni în mod succesiv şi astfel au loc inspiraţia şi aspiraţia.

Mamiferele au căile respiratorii, şi în special cele intrapulmonare, bine individualizate.

Laringele prezintă o mucoasă care formează pliuri numite corzi vocale. La unele mamifere (rozătoare, rumegătoare, maimuţe urlătoare), pereţii laterali ai laringelui sunt dilataţi formând saci laterali, care servesc ca organe de rezonanţă, întărind sunetele emise. La mamifere, ca şi la crocodili, există epiglota care îndeplineşte acelaşi rol.

- Reamintiţi-vă structura plămânilor, studiată în clasa VII-a!

Plămânii acestor animale au aspect buretos, iar unitatea lor morfofuncţională este alveola pulmonară. Alveolele pulmonare sunt extrem de numeroase şi se asociază în acini, aceştia în lobuli, care constituie lobii (fig. 64). Peretele alveolei este format dintr-un epiteliu continuu, la nivelul căruia se află o bogată reţea de capilare sangvine, cu rol în realizarea schimburilor de gaze.

Inspiraţia şi expiraţia se fac prin mărirea şi micşorarea volumului cutiei toracice, ca urmare a acţiunii muşchilor costali şi diafragmei.

- Ce rol are diafragma?

Un rol important în realizarea mişcărilor respiratorii îl au şi cele două foiţe pleurale. Explicaţi rolul acestora!

În general, la diferitele specii de mamifere, frecvenţa mişcărilor respiratorii este invers proporţională cu talia organismului: 10 respiraţii/minut la cal, 22 la câine, 50 la iepure şi 150 la şoarece.

Inspiraţia este un proces activ, iar expiraţia este pasivă.

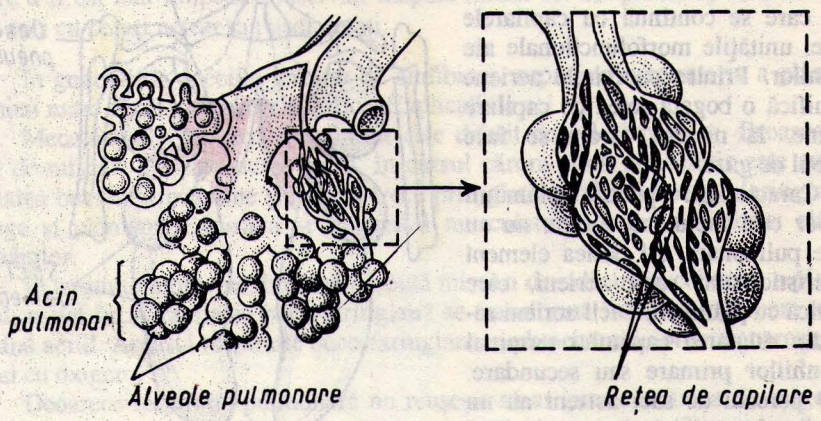


Fig. 64. Alveole pulmonare.

castori etc.), respiraţia este tot pulmonară, ca şi la mamiferele terestre. Ca urmare a vieţii în mediul acvatic, ele au suferit însă unele modificări ale funcţiei respiratorii, care le dau posibilitatea să se scufunde şi să-şi caute hrana timp îndelungat sub apă. Aşa de exemplu, caşalotul poate rămâne sub apă 80–150 minute, balena 30–50 minute, delfinul 15 minute etc. Numărul alveolelor pulmonare este crescut, iar bronhiolele au sfincteре care pot opri timp îndelungat ieşirea aerului din plămâni. În momentul scufundării, respiraţia este oprită, închizându-se orificiile nazale şi sfincterele bronhiolelor. Când concentraţia dioxidului de carbon din sânge şi din aerul alveolar creşte peste limita normală, mişcările de înot sunt încetinite, animalul iese la suprafaţă, iar respiraţia reîncepe. O altă particularitate a mamiferelor care se scufundă este determinată de faptul că azotul este solubil în grăsimea lor şi ajunge greu în mediul intern, nefiind ameninţate de embolii grave. Aşa este cazul balenelor, care se pot scufunda până la 900 m adâncime.

La animalele nescufundătoare, creşterea concentraţiei în sânge a CO_2 duce la excitarea centrilor respiratori de unde porneşte comanda mişcărilor ventilatorii. La animalele scufundătoare, centrii respiratori tolerează concentraţii foarte mari ale dioxidului de carbon, din care cauză aceştia nu determină mişcările repiratorii.

. Omului, aşa cum se ştie, i se pun probleme cu totul speciale în cazul presiunilor crescute (hiperbarism). Scufundarea la anumite adâncimi este necesară în diferite sectoare de muncă, ca exploatarea petrolieră şi mineritul subacvatic, îngrijirea şi repararea navelor, cercetarea mediului marin etc. În apă, omul trebuie să facă faţă unei creşteri a presiunii cu o atmosferă la fiecare 10 m adâncime. Factorul presiune poate fi evitat într-o oarecare măsură, dacă scufundarea se face în costume speciale sau folosind dispozitive moderne de protecţie.

Asupra scufundătorilor cu costum de scafandru, neprotejaţi pentru presiuni şi care respiră gaze din butelii, se creează o diferenţă de presiune între mediul extern şi cel din interiorul organismului, care va stimula expiraţia – prin comprimarea puternică a toracelui şi inhibarea inspiraţiei. Un pericol mare pentru cei ce lucrează la adâncime este trecerea rapidă de la o presiune ridicată la o presiune scăzută, când are loc o decompresiune bruscă. Ridicarea bruscă a scafandrului la suprafaţă face ca azotul dizolvat în sânge să treacă în formă gazoasă (bule de gaz), atât în lichidele din organism, cât şi în ţesuturi, mai ales în cele cu conţinut bogat în grăsimi, în care azotul este mai solubil. Degajarea acestor bule gazoase determină apariţia de obstacole în circulaţia din capilare, provocând embolii gazoase sau rupturi de ţesuturi. Embolia gazoasă poate fi evitată, dacă scufundătorul se ridică treptat (decompresiune lentă).

Multe vertebrate, printre care şi omul, îşi desfăşoară viaţa şi în condiţiile unei scăderi a presiunii atmosferice (hipobarism). Pe măsura creşterii altitudinii, presiunea atmosferică scade, şi implicit presiunea parţială a gazelor respiratorii. De exemplu, la altitudinea de 5 000 m, presiunea parţială a oxigenului este de 2 ori mai mică decât la nivelul mării. În asemenea condiţii de presiune scăzută, aprovizionarea organismului animal cu cantităţile de oxigen necesare devine tot mai dificilă. Cu toate aceste restricţii fiziologice legate de factorul hipoxic (cantitatea de oxigen mai mica decat cea normala), numeroase specii de amfibieni, reptile, păsări şi mamifere populează masivele muntoase de până la 5500 m altitudine. Vulturii, acvilele, condorii pot supravieţui şi la 7 000–8 000 m.

Oamenii care trăiesc la altitudini de circa 5000 m prezintă o serie de adaptări, care le permit depăşirea condiţiei de hipoxie. De pildă, au cavitatea toracică mai dezvoltată, ceea ce le permite să realizeze o ventilaţie mai bună. Creşterea frecvenţei respiratorii până la 50–70 pe minut ca şi profunzimea acesteia permit o oxigenare mai bună a

sângelui. De asemenea, numărul de hematii este mai mare (peste 7 mil/mm^3 de sânge). Hemoglobina lor are o mai mare capacitate de încărcare cu oxigen, volumul sangvin circulant, ca şi numărul şi permeabilitatea capilarelor cresc considerabil.

*
* *

Oxigenul obţinut pe cale aerobă sau anaerobă este utilizat în cursul proceselor de degradare a substanţelor organice complexe din care rezultă energia chimică, utilizată în diferite activităţi.

Sursele de energie sunt constituite de alimente. Eliberarea energiei din moleculele acestora se face în două etape:

– în timpul digestiei alimentelor, la nivelul vacuolei digestive a protozoarelor sau în tubul digestiv al metazoarelor, prin mecanismul biochimic al hidrolizei. Randamentul unor asemenea reacţii sub aspect energetic este cu totul neînsemnat;

– în timpul catabolizării nutrimentelor, în interiorul celulelor, prin mecanismele biochimice ale oxidărilor celulare. Prin asemenea reacţii se obţine randamentul energetic maxim.

Scindarea moleculelor complexe ale celor trei categorii de substanţe (glucide, lipide şi protide) sub acţiunea enzimelor duce la eliberarea de energie chimică potenţială (prin reacţii de oxido-reducere), care ulterior este transformată în: lucru mecanic, căldură, electricitate etc.

Eliberarea energiilor actuale se face treptat şi la temperaturi compatibile cu viaţa. În timpul acestor transformări, moleculele substanţelor energetice se degradează treptat, ajungând la produşi catabolici finali (apa metabolică şi dioxidul de carbon) şi la energia utilizată de organism în diferite activităţi fiziologice.

TEME

– Menţionaţi ordinea apariţiei principalelor tipuri de respiraţie în seria animală.
– Explicaţi de ce cel mai eficient sistem respirator este sistemul traheal!
– Prezentaţi mecanismul respiraţiei de la amfibieni şi păsări.

2.3. MEDIUL INTERN ŞI CIRCULAŢIA LICHIDELOR ÎN SERIA ANIMALĂ

Mediul intern cuprinde sângele, limfa şi lichidul interstiţial, precum şi umoarea apoasă, lichidul cefalorahidian, perilimfa, endolimfa etc. În noţiunea de mediu intern nu sunt cuprinse lichidele intracelulare.

Mediul intern al nevertebratelor

La **protozoare** mediul apos în care trăiesc reprezintă atât mediul extern, cât şi mediul intern al organismelor respective. Protozoarele realizează schimburi cu mediul extern pe întreaga suprafaţă a corpului.

La **spongieri** şi **celenterate,** lichidul care circulă în canalele corpului sau în sistemul gastrovascular a fost numit *hidrolimfă.* Prin contactul direct al hidrolimfei cu celulele corpului, se realizează schimbul de substanţe, cedarea oxigenului la celule şi încărcarea lichidului care circulă în corpul animalului cu dioxid de carbon şi alţi produşi de metabolism.

În sistemul circulator al **viermilor, moluştelor, artropodelor,** ca şi în lacunele corpului acestora, circulă un lichid incolor, uşor albastru sau roşu care a fost numit *hemolimfă.*

Hemolimfa are o compoziţie chimică proprie, diferită de cea a mediului extern, cu care nu mai vine în contact direct. În comparaţie cu hidrolimfa, hemolimfa are o cantitate mai redusă de apă şi conţine mai multe substanţe minerale şi organice, anumite tipuri de celule, numite elemente figurate şi pigmenţi cu afinitate mare pentru oxigen. Astfel, hemolimfa îndeplineşte şi o funcţie respiratorie.

– *Substanţele minerale,* solvite în apa hemolimfei, se găsesc sub formă de anioni şi cationi, în raport constant. Elementele chimice (Na, K, Ca, Mg) şi substanţele minerale (clorurile, bicarbonaţii, fosfaţii, uraţii etc.) conferă hemolimfei variaţii ale presiunii osmotice mai largi ca la vertebrate, dându-le posibilitatea să se adapteze la diferite tipuri de mediu.

– *Substanţele organice* ale hemolimfei sunt reprezentate prin proteine (albumine, globuline), glucide (fructoză) şi lipide care apar sub formă de particule. De asemenea, în hemolimfa nevertebratelor se găsesc multe enzime.

Hemolimfa unor nevertebrate poate circula într-un *sistem circulator lacunar* (deschis), venind direct în contact cu celulele corpului, în anumite porţiuni ale organismului, îndeplinind astfel rolul sângelui şi al limfei de la vertebrate. La alte nevertebrate, hemolimfa circulă într-un *sistem circulator închis,* ea având compoziţie constantă şi funcţii caracteristice. În acest caz, schimburile de apă şi substanţe se fac prin intermediul lichidului interstiţial, care scaldă celulele.

● Amintiţi-vă care sunt elementele figurate ale sângelui şi rolul acestora!

Elementele figurate din hemolimfa nevertebratelor sunt celule nucleate de forme diferite, asemănătoare prin proprietăţile lor fiziologice mai mult cu globulele albe din sângele vertebratelor. Ele se numesc *amibocite* şi apar la nemerţieni. Funcţiile lor sunt multiple: participă la realizarea mecanismelor de apărare împotriva agenţilor patogeni, care au pătruns în mediul intern; asigură regenerarea ţesuturilor lezate şi influenţează procesele de metamorfoză; unele conţin pigmenţi respiratori, asigurând transportul gazelor respiratorii prin mediul intern.

– *Pigmenţii respiratori* la nevertebrate sunt incluşi în amibocite sau dizolvaţi în plasmă. Aşa, de exemplu, numai la puţine specii de anelide sângele este incolor, la majoritatea fiind roşu, din cauza hemoglobinei dizolvată în plasmă sau fixată în globule. În plasma celor mai multe moluşte se găseşte pigmentul hemocianina, de culoare albastră; puţine moluşte posedă în plasmă şi hemoglobină.

Sângele artropodelor conţine hemoglobină dizolvată în plasmă (la crustaceii inferiori şi la larvele unor insecte), sau hemocianină (la scorpioni şi la crustaceii superiori).

La majoritatea insectelor, sângele păstrează numai funcţia de transport, pigmentul nu mai are rol respirator, deoarece oxigenul trece direct din trahee în ţesuturi şi celule.

Nevertebratele au un volum mai mare de hemolimfă în raport cu greutatea corporală. Cantitatea mai mare de hemolimfă serveşte ca rezervă de apă pentru ţesuturi, atunci când mediul devine prea uscat. Volumul hemolimfei prezintă variaţii mari, dar şi posibilităţi rapide de restabilire. Deci, şi la nevertebrate există mecanisme de menţinere constantă a volumului hemolimfei, cât şi a diferitelor ei componente *(homeostazie)*.

Mediul intern al vertebratelor

La vertebrate, principalele componente ale mediului intern sunt lichidul interstiţial, limfa şi sângele.

Şi la vertebrate, o parte din lichidele interne ale corpului se află răspândite printre celulele tuturor organelor şi ţesuturilor, alcătuind *lichidul interstiţial*. La nivelul acestuia se realizează schimburile de gaze şi substanţe dintre sânge şi celule.

O parte din lichidul din spaţiile interstiţiale este colectat de sistemul limfatic şi devine limfă. *Limfa* este formată din plasmă şi elemente figurate (limfocite). Compoziţia acesteia este similară cu a plasmei sangvine, exceptând proteinele (care sunt mai puţine) şi lipidele care se află în cantitate mai mare.

Sângele este un alt component al mediului intern, format din plasmă şi elemente figurate.

Plasma constituie partea lichidă, care conţine apă, substanţe minerale, glucide, lipide, proteine, gaze, produşi de dezasimilaţie. Elementele figurate sunt reprezentate de *eritrocite* (globule roşii), *leucocite* (globule albe) şi *trombocite*.

● Observaţi frotiuri de sânge de la diferite vertebrate!

La toate vertebratele, cu excepţia mamiferelor, eritrocitele sunt celule nucleate şi au rolul de a transporta gazele implicate în procesul respirator. Gazele respiratorii din sânge pot fi dizolvate în plasmă (în cantităţi foarte mici) sau se află sub forma unor combinaţii chimice labile – în eritrocite. Astfel, oxigenul este transportat sub formă de oxihemoglobină, care, la nivelul ţesuturilor, se descompune în hemoglobină şi oxigen, acesta fiind preluat de celule.

Transportul dioxidului de carbon se face în mai multe feluri: dizolvat în plasmă, sub formă de combinaţii chimice (bicarbonatul de sodiu şi de potasiu) şi sub formă de carbohemoglobină în globulele roşii.

Numărul de globule roşii variază cu condiţiile de viaţă, activitatea şi vârsta animalului. Astfel, sângele unor specii de peşti osoşi care trăiesc în iazuri şi care au o activitate locomotorie redusă are un număr mic de eritrocite. La speciile care trăiesc în apele de suprafaţă bine oxigenate ale mării şi care se mişcă continuu, numărul eritrocitelor este mult mai mare.

La păsări şi mamifere, animale homeoterme, numărul eritrocitelor devine mai mare. La mamifere, eritrocitele poartă numele de hematii.

Leucocitele (globulele albe) sunt prezente în sângele tuturor vertebratelor într-un număr de 600–700 de ori mai mic decât acela al globulelor roşii. Ele sunt apărătorii organismului împotriva microbilor sau a unor particule dăunătoare.

Trombocitele sunt celule mici, nucleate, prezente în întreaga serie a vertebratelor, cu excepţia mamiferelor, la care există plachete sangvine; acestea sunt fragmente de celule, cu rol important în coagularea sângelui.

Menţinerea concentraţiei mediului intern şi a funcţiilor acestuia, în orice condiţii ecologice, se realizează cu ajutorul a numeroase mecanisme de reglare, îndeosebi de ordin nervos şi endocrin.

O dată cu apariția mediului intern cu o compoziție specifică și relativ constantă, se observă apariția unor structuri specializate, care constituie sistemul circulator.

În seria animală există două tipuri de sistem circulator: *deschis* (lacunar) și *închis*.

Sistemul circulator deschis se caracterizează prin aceea că, în anumite regiuni, vasele sunt lipsite de pereți proprii, deschizându-se în lacune ale corpului. Acest tip de sistem circulator este întâlnit numai la nevertebrate.

Sistemul circulator închis este format dintr-un sistem de vase fără întrerupere între ele, realizând un circuit continuu. Acest tip de sistem circulator este întâlnit la toate vertebratele și foarte rar la nevertebrate.

Circulația la nevertebrate

La **protozoare,** „circulația" este îndeplinită de curenții citoplasmatici: prin sistemul de pori inhalanți la **spongieri** și cel gastrovascular la **celenterate;** prin lacunele cavității corpului în care circulă hemolimfa, fără o direcție definită, la **platelminți** și **nematelminți.** Sistemul circulator apare pentru prima dată în seria animală la **nemerțieni** (fig. 65). El este de tip închis, fiind alcătuit din două sau trei vase longitudinale, legate la cele două extremități prin lacune cu pereți subțiri. Circulația „sângelui" în vase nu are sens precis; ea se face atât anterior, cât și posterior și este determinată de existența țesutului muscular contractil din pereții vasului dorsal.

Anelidele, în marea lor majoritate, au un sistem circulator închis, alcătuit, în general, din două vase longitudinale (unul dorsal și altul ventral), care se leagă între ele printr-o rețea de capilare unde au loc schimburile de gaze și substanțe între sânge și țesuturi.

• În figura 66 observați circulația sângelui la anelide. Urmăriți sensul indicat de săgeți. Vasul dorsal este colector; din el sângele este împins cu ajutorul mușchilor din pereții corpului prin capilarele transversale în vasul ventral, care, la rândul său, distribuie sângele la organele interne.

• Faceți disecția unei râme și veți observa că animalul prezintă, între cele două vase longitudinale principale, inele vasculare, care se contractă ritmic. Acestea poartă numele de „inimi".

Sistemul circulator al **moluștelor** este un sistem deschis, format din inimă (care apare pentru prima dată), vase, lacune și sinusuri (spații înguste).

Inima are o poziție dorsală și este inclusă într-o cavitate pericardică, rest al cavității celomice. Majoritatea moluștelor au inima alcătuită din două atrii și un ventricul musculos. Ventriculul pompează sângele oxigenat în artere, care se distribuie la toate organele, în mod indirect, prin lacunele din țesuturi. Aici sângele cedează oxigenul și substanțele nutritive și se încarcă cu CO_2 și produși de dezasimilație, care ajung prin

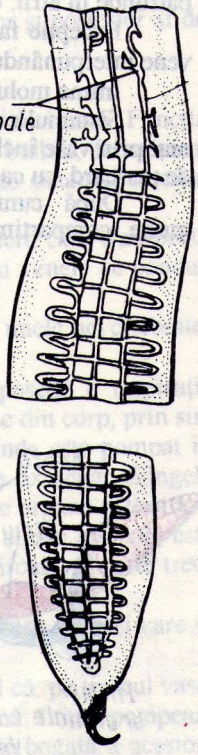


Fig. 65. Sistemul circulator la nemerțieni.

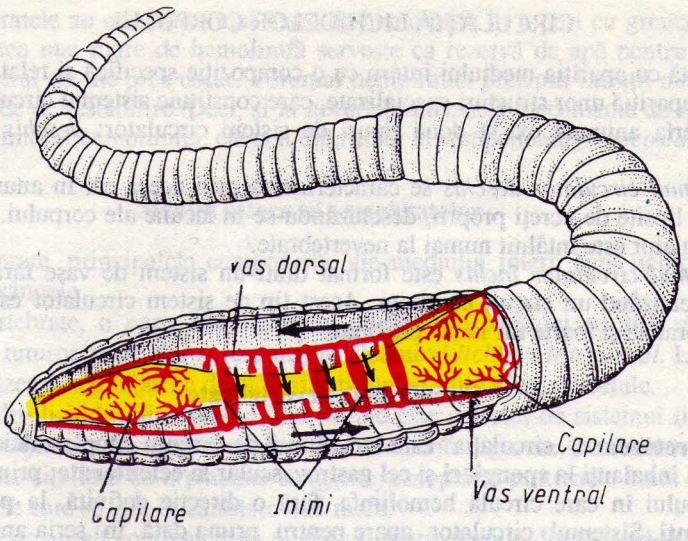


Fig. 66. Sistemul circulator la anelide.

intermediul sinusurilor la branhii, plămâni şi organele de excreţie. Sângele oxigenat la nivelul branhiilor şi plămânilor se întoarce la inimă, tot prin sinusuri şi vene aferente pătrunde în atrii, de unde ajunge din nou în ventricul.

Excepţie fac cefalopodele, la care sistemul circulator este închis, între artere şi vene interpunându-se o reţea capilară (fig. 67).

Inima moluştelor prezintă o ritmicitate proprie, numită **automatism.**

Sistemul circulator al **artropodelor** este deschis, deoarece sîngele nu circulă numai prin vase închise, ci şi prin lacune şi sinusuri. Inima situată dorsal este înconjurată de pericard, cu care comunică prin multe perechi de orificii mici, numite osteole.

După cum observaţi în figura 68, inima insectelor este formată din mai multe compartimente numite *ventriculite,* care comunică între ele. La majoritatea

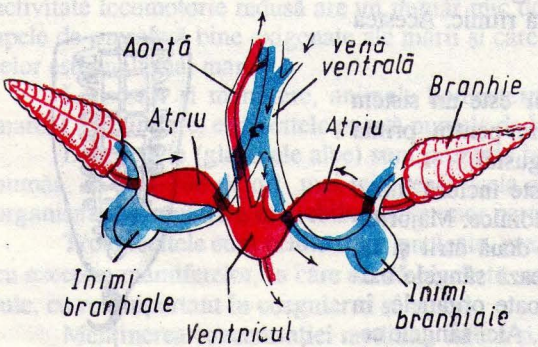


Fig. 67. Sistemul circulator la cefalopode.

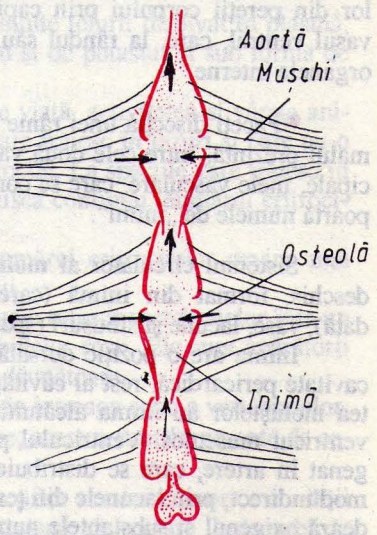


Fig. 68. Sistemul circulator la insecte.

artropodelor, inima se continuă anterior şi posterior, cu câte o arteră, care se ramifică la organele interne. La insecte, capătul posterior al inimii este închis şi numai cel anterior se continuă cu o arteră, care comunică cu cavitatea corpului.

Sistemul arterial este bine dezvoltat la formele care respiră prin branhii şi plămâni şi redus la grupele cu respiraţie traheală.

- Explicaţi care este cauza!
- Urmăriţi circulaţia sângelui la insecte, în figura 68!

Din pericard sângele trece în inimă prin osteole, iar de aici în artere, apoi în lacune unde se distribuie la ţesuturi, transportând oxigenul şi substanţele nutritive. De aici, sângele venos este colectat în sinusuri, de unde trece în venele branhiale şi pulmonare eferente, care îl transportă la branhii şi plămâni, unde este oxigenat. De la organele respiratorii, prin sinusuri şi vene branhiale şi pulmonare eferente, sângele oxigenat ajunge în pericard, de unde este aspirat prin osteole în inimă. Pe lângă contracţiile inimii, un rol important în circulaţia sângelui îl au variaţiile de presiune create în abdomen prin mişcările respiratorii ale corpului.

Circulaţia sângelui la cordate

Sistemul circulator al **urocordatelor** este alcătuit din inimă, vase şi lacune. Prin contracţiile sale alternative, inima împinge sângele în vasele anterior şi posterior şi de aici în sistemul lacunar.

Cefalocordatele au un sistem circulator de tip închis, lipsit de inimă. Funcţia acesteia este suplimentată de contractilitatea sinusului venos şi de bulbili, formaţiuni contractile de la baza arterelor. Sistemul venos este legat direct de sistemul arterial (lipsesc capilarele), iar sângele este incolor.

La **vertebrate** sistemul circulator este format din: inimă, artere care transportă sângele în corp, capilare care pun în legătură arterele cu venele, şi venele ce conduc sângele la inimă. Deci, sistemul circulator este închis.

În afară de sistemul circulator sangvin, la vertebrate, ca şi la unele nevertebrate, există şi sistemul limfatic, care drenează limfa.

Vertebratele tipic acvatice, **ciclostomii** şi **peştii** (fig. 69), posedă o respiraţie branhială. Prin inimă circulă numai sânge neoxigenat (venos) ce vine din corp, prin sistemul de vene, la sinusul venos, apoi în atriu şi în ventricul, de unde este pompat în bulbul arterial şi de aici, prin aorta ventrală, la branhii, unde este oxigenat. Sângele oxigenat circulă de la branhii în corp, prin aorta dorsală, la diferitele organe şi ţesuturi, unde cedează O_2 şi se încarcă cu CO_2. Deci, circulaţia sângelui la aceste animale este *închisă şi simplă*. Prin circulaţie simplă se înţelege că, într-un circuit, sângele trece numai o dată prin inimă.

Activitatea ritmică a inimii peştilor este coordonată de ganglioni nervoşi care se află în ţesutul miocardic.

Circulaţia sângelui la ciclostomi şi peşti prezintă dezavantajul că, pe traseul vaselor, se pierde o mare parte din presiunea transmisă sângelui de inimă. Inima pompează sânge spre branhii, sub o presiune ridicată, dar capilarizarea foarte bogată a acestora determină o rezistenţă mare, care scade presiunea. Începând cu tetrapodele inima trimite sângele direct către plămâni şi ţesuturile corpului, realizându-se o dublă circulaţie.

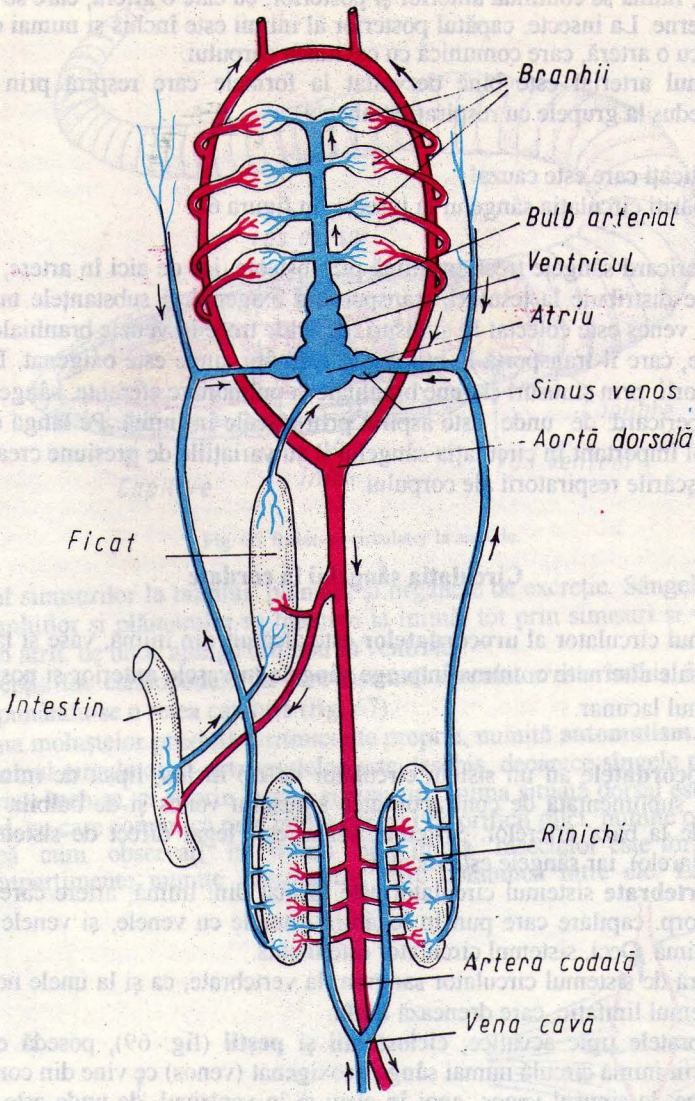


Fig. 69. Sistemul circulator la peşti.

Un sistem circulator mai complicat există la dipnoi, unde apare şi o respiraţie aeriană, prin plamâni; de la plămâni pleacă o venă ce aduce sânge oxigenat în partea stângă a atriului, incomplet separat printr-un sept, ca şi ventriculul.

La aceste două grupe de animale sistemul limfatic este bine dezvoltat, format dintr-o dilatare (inimă limfatică), vase şi ganglioni limfatici.

La **amfibieni,** datorită apariţiei respiraţiei pulmonare, sistemul circulator este deosebit de acela al peştilor. Pentru prima dată în seria vertebratelor are loc separarea atriului în două compartimente: atriul drept şi atriul stâng.

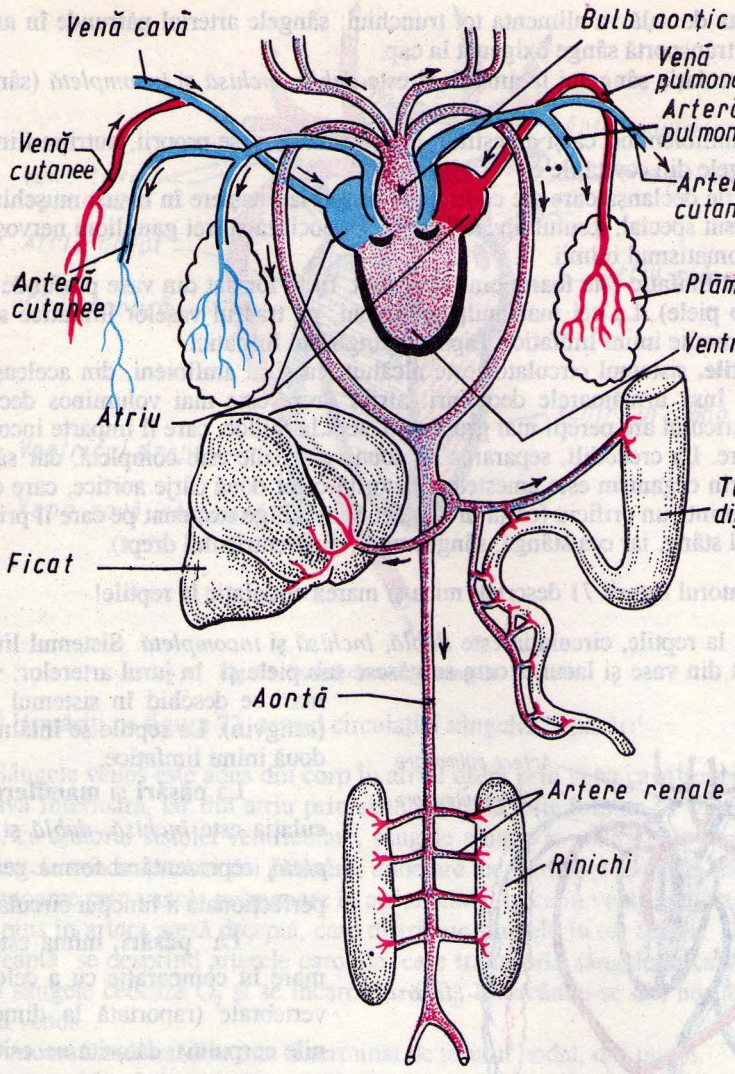


Fig. 70. Sistemul circulator la amfibieni.

• Urmăriţi în figura 70 sensul în care se desfăşoară circulaţia sângelui la amfibieni!

Sângele venos (neoxigenat) adus de sistemul venos (venele cave) se varsă în sinusul venos şi de aici în atriul drept. În acelaşi timp, în atriul stâng pătrunde, prin venele pulmonare, sânge oxigenat de la plămâni.

Prin contracţiile atriilor, în ventricul este împins atât sânge neoxigenat, cât şi sânge oxigenat. În ventricul, sângele este numai parţial amestecat, datorită unor formaţiuni anatomice speciale de la acest nivel (bulb arterial, valvulă spirală). De aceea, partea dreaptă a ventriculului conţine sânge venos, iar cea stângă, sânge arterial. În timpul sistolei ventriculare, sângele venos pătrunde în arterele pulmonare şi cutanee unde va fi oxigenat; altă parte a sângelui (amestecat) pătrunde în cârjele aortice, de

unde prin aorta dorsală va alimenta tot trunchiul: sângele arterial pătrunde în arterele carotide, care transportă sânge oxigenat la cap.

Deci circulaţia sângelui la amfibieni este *dublă, închisă* şi *incompletă* (sânge cu O_2 şi CO_2).

Inima amfibienilor, ca şi a peştilor, este lipsită de vase proprii, nutriţia fiind asigurată de sângele din cavităţile ei.

Excitaţiile declanşatoare ale contracţiei inimii iau naştere în însuşi muşchiul inimii, într-un ţesut special, ţesutul nodal, la care se asociază şi trei ganglioni nervoşi care realizează automatismul inimii.

Sistemul limfatic este foarte bine dezvoltat, fiind format din vase profunde şi superficiale (sub piele). La cei mai mulţi amfibieni, pe traseul vaselor limfatice se află nişte dilatări numite inimi limfatice. Lipsesc ganglionii limfatici.

La **reptile,** sistemul circulator este alcătuit, ca şi la amfibieni, din aceleaşi elemente, având însă următoarele deosebiri: atriul drept este mai voluminos decât cel stâng, iar ventriculul are pereţii mai groşi şi un sept la mijloc, care îl împarte incomplet în două camere. La crocodili, separarea în două ventricule este completă, dar sângele care circulă prin organism este amestecat, datorită celor două cârje aortice, care comunică între ele printr-un orificiu (cârja dreaptă conţine sânge oxigenat pe care îl primeşte din ventriculul stâng, iar cea stângă, sânge venos, din ventriculul drept).

- Cu ajutorul figurii 71 descrieţi mica şi marea circulaţie la reptile!

Deci, şi la reptile, circulaţia este *dublă, închisă* şi *incompletă.* Sistemul limfatic este format tot din vase şi lacune, care se găsesc sub piele şi în jurul arterelor; vasele mari se deschid în sistemul venos (sangvin). La reptile se întâlnesc şi două inimi limfatice.

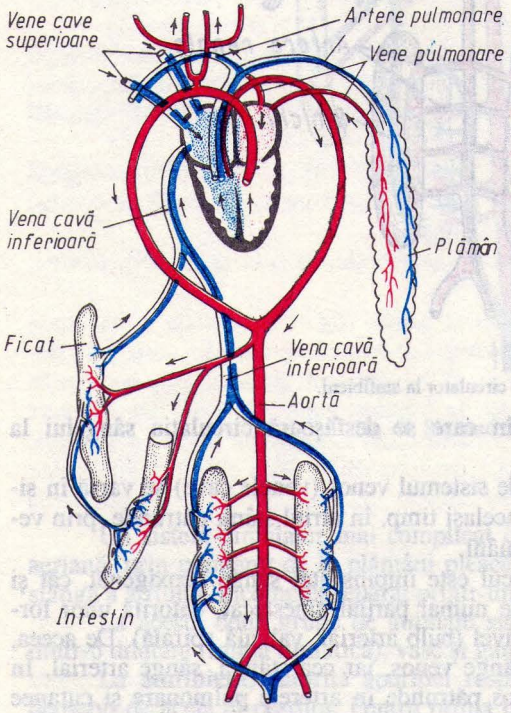


Fig. 71. Sistemul circulator la reptile.

La **păsări** şi **mamifere,** circulaţia este *închisă, dublă* şi *completă,* reprezentând forma cea mai perfecţionată a funcţiei circulatorii.

La **păsări,** inima este mai mare în comparaţie cu a celorlalte vertebrate (raportată la dimensiunile corpului), datorită necesităţilor de satisfacere a cheltuielilor energetice considerabile din timpul zborului şi de menţinere a temperaturii corporale constante. Inima păsărilor are două atrii complet separate printr-un sept interatrial şi două ventricule, de asemenea, complet separate prin septul interventricular. Atriile comunică cu ventriculele, ca şi la celelalte vertebrate. De remarcat şi faptul că păsările au numai cârja aortică dreaptă.

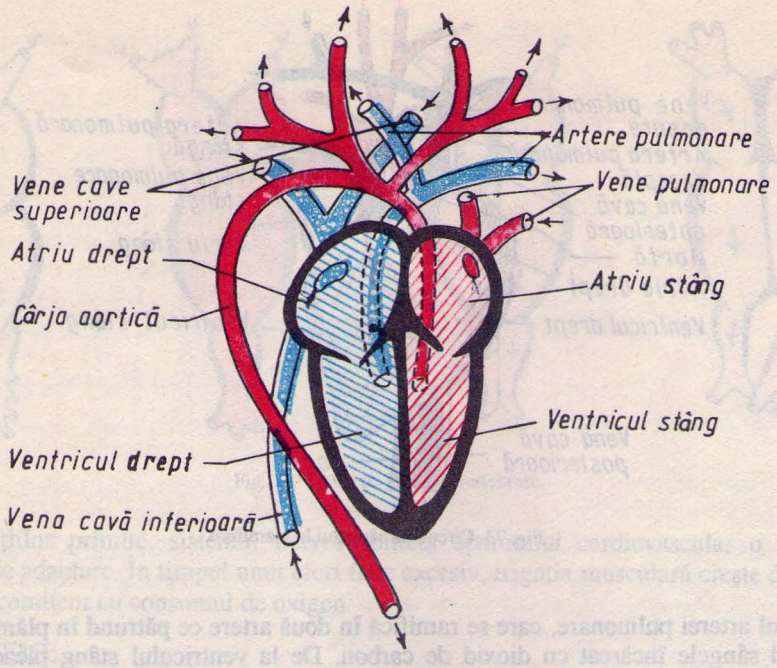


Fig. 72. Sensul circulației sângelui la păsări.

• Urmăriți pe figura 72 sensul circulației sângelui la păsări!

Sângele venos este adus din corp în atriul drept prin vena cavă superioară și prin vena cavă inferioară, iar din atriu prin sistolă atrială, este împins în ventriculul drept. De aici, cu ajutorul sistolei ventriculare, sângele ajunge în artera pulmonară care conduce sângele venos spre cei doi plămâni, unde are loc schimbul de gaze. Sângele oxigenat se întoarce prin venele pulmonare în atriul stâng, trece în ventriculul stâng, de unde este împins în artera aortă dreaptă, care distribuie sângele în tot corpul. Din cârja aortică dreaptă se desprind arterele carotide, care transportă sângele la cap. La celule și țesuturi sângele cedează O_2 și se încarcă cu CO_2, întorcându-se din nou la inimă prin sistemul venos.

Automatismul cardiac este determinat de țesutul nodal, din inimă.

Sistemul limfatic este format din două canale toracice, care au pereții prevăzuți cu valvule ce determină circulația limfei într-o singură direcție. În final, limfa ajunge în sistemul venos. În sistemul limfatic al unor specii de păsări (rața și gâsca) apar ganglionii limfatici.

• Efectuați o disecție la șobolan sau cobai. Observați că inima este situată în cavitatea toracică, deasupra diafragmei, între cei doi plămâni. Ea are o formă conică, cu vârful orientat spre plămânul stâng. Pericardul este subțire. Inima este tetracamerală, atriile având pereții subțiri, iar ventriculele pereții groși, musculoși.

• Urmăriți pe figura 73 circulația sângelui la mamifere!

• În atriul drept se deschid vena cavă anterioară și vena cavă posterioară, care aduc din corp sângele încărcat cu dioxid de carbon. Venele pulmonare, în număr de patru, transportă sângele oxigenat în atriul stâng. Din ventriculul drept se desprinde

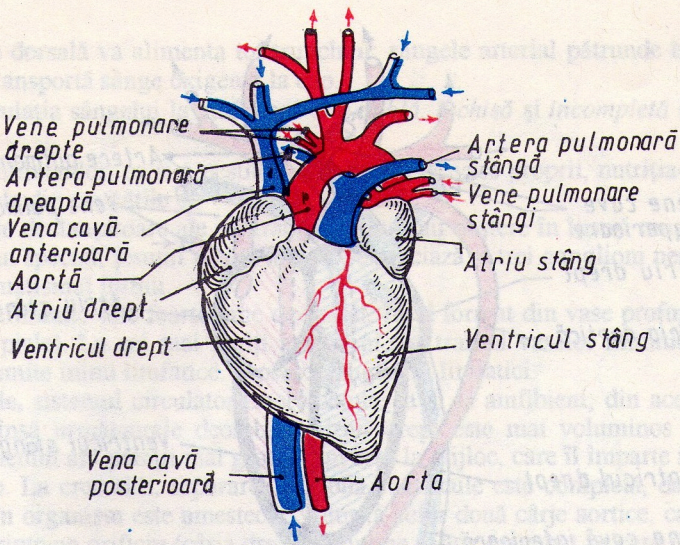


Fig. 73. Circulaţia sângelui la mamifere.

trunchiul arterei pulmonare, care se ramifică în două artere ce pătrund în plămâni, distribuind sângele încărcat cu dioxid de carbon. De la ventriculul stâng pleacă artera aortă care, curbându-se spre stânga, formează *cârja aortică* din care se desprind mai multe vase asigurând vascularizaţia corpului.

În lumea vertebratelor există o strânsă corelaţie între circulaţie şi respiraţie, evidenţiindu-se tendinţa de realizare tot mai eficientă a funcţiei respiratorii a sângelui.

O dovadă a acestei corelaţii este şi faptul că o creştere a presiunii sângelui în aortă produce, în general, o scădere a presiunii sangvine şi o încetinire (inhibare) a activităţii respiratorii. Invers, o scădere a presiunii în aortă produce o creştere a presiunii sangvine şi o stimulare a respiraţiei.

Un factor esenţial în cuplarea funcţională a respiraţiei cu circulaţia este dioxidul de carbon, rezultat în urma proceselor de oxidoreducere. Creşterea lui în sânge determină o mărire a activităţii respiratorii.

REŢINEŢI! O dată cu apariţia mediului intern, cu o compoziţie specifică şi relativ constantă, se observă existenţa unor vase cu rolul de a-i asigura o deplasare continuă, ansamblul lor constituind un important progres pe calea ~~xxxxxxx~~ respiratiei.
În seria animală se diferenţiază două sisteme circulatorii: sangvin şi limfatic. Sistemul circulator sangvin al vertebratelor este adaptat, pe de o parte, la asigurarea unei circulaţii pulmonare, iar pe de altă parte, la circulaţia în restul corpului.
Apariţia ~~xxxxxxxxxx~~ **sistemului circulator limfatic în seria animală este în legătură cu drenarea lichidului interstiţial în reţeaua de capilare limfatice şi de aici în sistemul circulator venos, cu care co-munică direct.**
Ambele sisteme circulatorii au ca organ propulsor, inima.

Orice activitate fizică se poate efectua numai dacă circulaţia sângelui se adaptează nevoilor sporite de oxigen şi glucoză cerute de efortul depus. Ca răspuns al

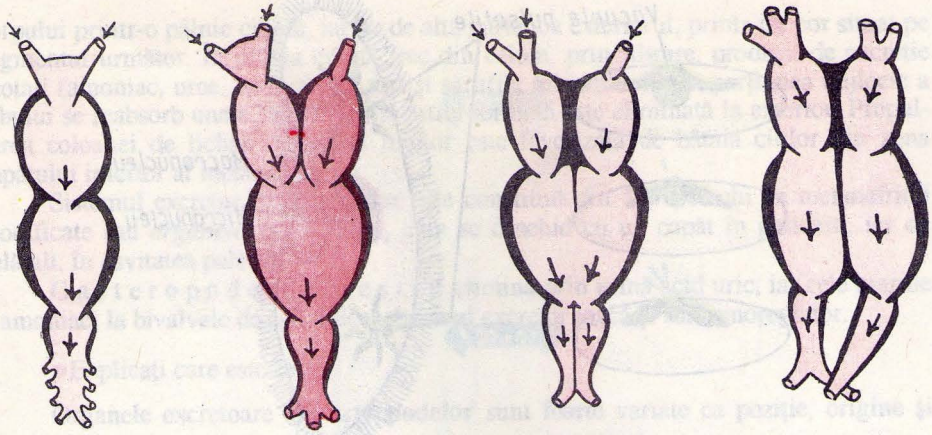


Fig. 74. Tipuri de inimi la vertebrate.

informațiilor primite, sistemul nervos solicită aparatului cardiovascular o serie de reacții de adaptare. În timpul unui efort fizic excesiv, irigația musculară crește de 10–20 ori, concomitent cu consumul de oxigen.

TEME

– Menționați rolul mediului intern.

– Prezentați principalele etape ale evoluției sistemului circulator la vertebrate.

– Recunoașteți și comparați inima principalelor tipuri de vertebrate, prezentată în figura 74.

– Explicați de ce inima se contractă și în afara organismului.

2.4. EXCREȚIA ÎN SERIA ANIMALĂ

În procesele de excreție se elimină din organism produși finali de metabolism, ca amoniac, uree, acid uric etc.; de asemenea, se mai elimină apă și o serie de săruri minerale, precum și diferite substanțe ajunse incidental în organism, ca medicamente, substanțe neutilizabile sau cu acțiune toxică etc. Pe lângă eliminarea produșilor nefolositori și toxici, excreția intervine în homeostazia mediului intern al organismului, menținând relativ constantă compoziția în apă, săruri minerale și substanțe organice ale acestuia.

Excreția la nevertebrate

Grupele de nevertebrate prezintă o mare varietate de organe excretoare.

Protozoarele și unii **spongieri** de apă dulce au ca organite excretoare *vacuolele pulsatile*. Majoritatea nevertebratelor au organe excretoare specializate, *tubulare*, care extrag produșii de excreție din mediul intern, eliminându-i la exterior împreună cu apa și sărurile minerale.

În figura 75 observați vacuola pulsabilă care prezintă contracții ritmice, în cursul cărora conținutul ei este expulzat.

La protozoarele și spongierii de apă dulce, vacuola pulsatilă îndeplinește și rol de reglare a intrărilor și ieșirilor de apă și săruri minerale.

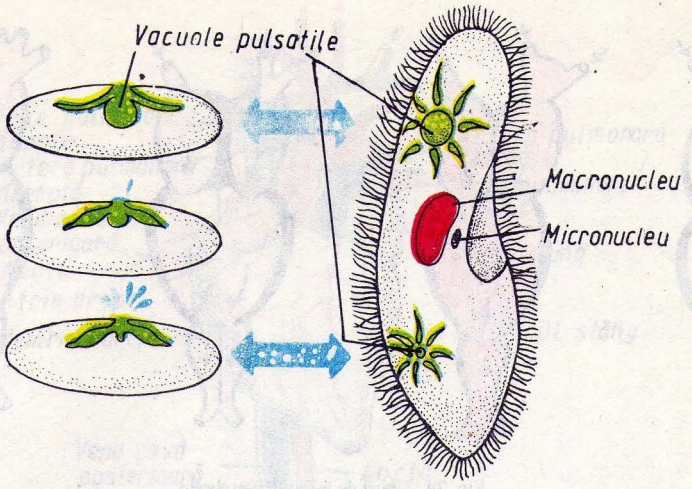


Fig. 75. Parameciul (excreţia).

La spongierii marini şi la **celenterate** nu se diferenţiază organe excretoare. Coanocitele spongierilor şi sistemul de canale care se deschid în cavitatea atrială contribuie la eliminarea produşilor, o dată cu fluxul de apă care străbate corpul. La fel funcţionează şi sistemul gastrovascular al celenteratelor.

Pentru prima dată în seria animalelor, organele de excreţie apar la **platelminţi.** Acestea sunt reprezentate de *protonefridii,* alcătuite dintr-un sistem de canale ramificate în parenchim, prevăzute la capăt cu câte o celulă cu flamură vibratilă (fig. 76). Apa şi substanţele de excreţie pătrund în celula cu flamură vibratilă prin difuziune şi osmoză, iar de aici, prin mişcările cililor, lichidul străbate canalele colectoare şi este eliminat la exterior prin porii excretori.

Protonefridia, pe lângă funcţia excretoare, îndeplineşte şi un rol important în osmoreglare.

La **anelide,** sistemul excretor este reprezentat de *metanefridii* (fig. 77). Ele sunt formate din tuburi încolăcite, care comunică pe de o parte, cu cavitatea generală a

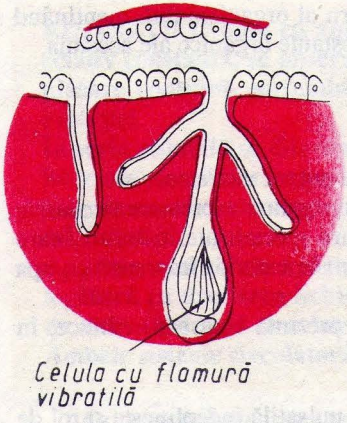


Fig. 76. Sistemul excretor la planarie.

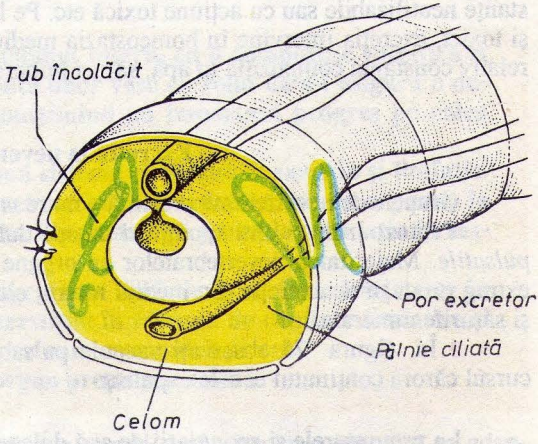


Fig. 77. Sistemul excretor la anelide.

corpului printr-o pâlnie ciliată, iar pe de altă parte, cu exteriorul, printr-un por situat pe segmentul următor. În pâlnia ciliată trec din celom, prin filtrare, produşii de excreţie azotaţi (amoniac, uree, creatinină), apa şi sărurile minerale, iar în porţiunea mijlocie a tubului se reabsorb unele săruri. Urina astfel formată este eliminată la exterior. Propulsarea coloanei de lichid în lungul tubilor este favorizată de bătaia cililor din zona capătului inferior al metanefridiilor.

Sistemul excretor al **moluştelor** este constituit din 1–6 perechi de metanefridii modificate sau *organele lui Bojanus,* care se deschid cu un capăt în pericard, iar cu celălalt, în cavitatea paleală.

Gasteropodele terestre elimină prin urină acid uric, iar cele marine – amoniac; la bivalvele de apă dulce, sistemul excretor joacă şi rol osmoreglator.

• Explicaţi care este cauza!

Organele excretoare ale **artropodelor** sunt foarte variate ca poziţie, origine şi structură.

La crustacei (racul de râu) există 1–2 *glande antenare* (metanefridii modificate), situate la baza antenelor. Glanda antenară, cunoscută sub numele de *glanda verde,* este alcătuită dintr-un sac celomic, labirintul ce conţine granule verzi, tubul colector lung şi vezica excretoare care se deschide printr-un por la exterior.

Urina formată prin filtrare în sacul celomic este alcătuită din apă, săruri minerale şi produşi de excreţie; ei i se adaugă în labirint componenta organică şi apoi, la nivelul tubului colector lung, are loc o reabsorbţie a sărurilor minerale, astfel încât urina finală este hipotonică faţă de mediul intern (conţine multă apă şi mai puţine substanţe minerale). La crustaceii marini, volumul de urină este mai redus, iar aceasta este izotonică (are aceeaşi concentraţie cu mediul intern), deoarece tubul colector este mai scurt, iar procesele de reabsorbţie sunt mai reduse.

Organele excretoare ale arahnidelor şi insectelor sunt reprezentate de *tuburile lui Malpighi,* al căror număr variază între 2–200. Acestea au forma unor tubuşoare şi se deschid în intestin (v. fig. 57).

Prin tuburile Malpighi se realizează o mare economie de apă, aceasta constituind o adaptare la mediul terestru. Lichidul din tuburi, drenat prin contracţiile pereţilor acestora, suferă un puternic proces de reabsorbţie a apei şi a substanţelor de care organismul are nevoie, nu numai la acest nivel, ci şi în intestinul terminal. Economia de apă se realizează şi prin eliminarea deşeurilor azotate sub formă de săruri greu solubile (acid uric).

• Disecaţi gândacul de bucătărie. La limita dintre intestinul mediu şi cel terminal observaţi tuburile Malpighi, în număr variabil (80-100).

Echinodermele nu au sistem excretor. La ele anumite celule din sistemul ambulacrar înglobează produşii de dezasimilaţie.

În afara proceselor de excreţie menţionate, la unele nevertebrate există şi un alt mod de eliminare a produşilor de dezasimilaţie. Astfel, cu ocazia năpârlirii crustaceilor şi insectelor sunt lepădate învelişurile chitinoase, care conţin săruri minerale şi produşi azotaţi.

Excreţia la vertebrate

La toate vertebratele, sistemul excretor este constituit din rinichi şi căi urinare.

• Analizaţi figura 78, care reprezintă nefronul, unitatea anatomo-funcţională a rinichiului.

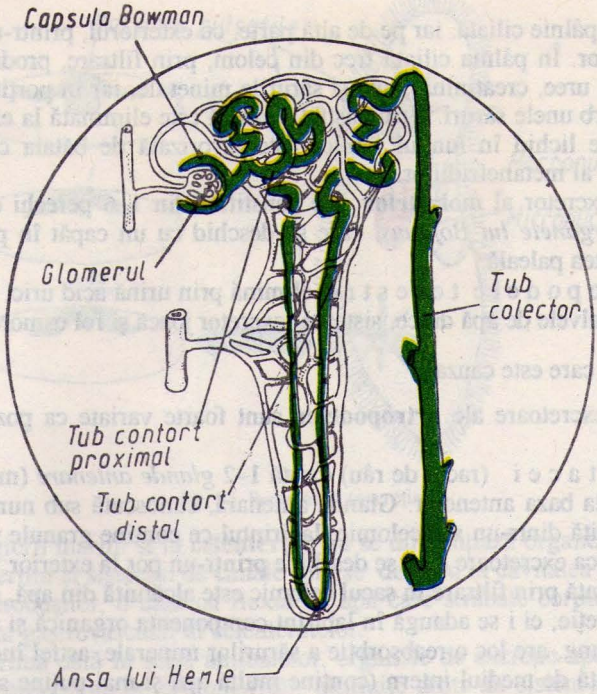


Fig. 78. Nefronul la mamifere.

În structura acestuia se evidenţiază două elemente morfofuncţionale caracteristice: *corpusculul Malpighi*, constituit dintr-un glomerul mic (ghem) de capilare adăpostit într-o cupă – capsula lui Bowman şi tubul excretor, alcătuit dintr-un tub încolăcit (contort) proximal, o ansă (ansa lui Henle) şi un tub contort distal care se deschide în tubul colector.

La diferite grupe de vertebrate există variaţii caracteristice ale nefronului.

La **ciclostomi** rinichiul este reprezentat prin *pronefros;* acesta este mic,oval şi conţine nefroni, care se deschid cu un capăt în cavitatea corpului printr-o pâlnie ciliată, numită *nefrostom,* iar cu celălalt, într-un canal excretor – *canalul Wolff.* Glomerulul vascular, în acest caz, se află în apropierea peretelui corpului şi, la nivelul său, are loc filtrarea lichidelor, care vor trece în pâlnia ciliată. Această legătură fiziologică dintre organele excretoare şi cavitatea corpului este întâlnită şi la anelide. În ambele cazuri excreţia reprezintă o drenare a lichidelor corpului. Canalul Wolff (ureterul primar) iese din rinichi şi se deschide printr-un orificiu uro-genital, înapoia anusului.

La unii ciclostomi excreţia se realizează prin *mezonefros,* reprezentat de nefroni cu glomeruli închişi în capsulă, ca la mamifere.

Rinichiul ciclostomilor relevă atât caractere de primitivitate (pronefrosul), cât şi caractere de superioritate prin prezenţa nefronilor cu glomeruli închişi.

Peştii, ca şi ciclostomii, au ca organe excretoare rinichi de tip pronefros la embrioni sau larve, şi mezonefros la adulţi, cu nefroni glomerulari închişi, dar şi cu nefroni aglomerulari, la puţine forme.

Mezonefrosul se continuă cu ureterele care se unesc într-o „vezică urinară" de la care pleacă o „uretră" ce se deschide la exterior prin orificiul excretor (fig. 79).

La rechini, organismul a realizat o presiune osmotică superioară apei marine; aceasta s-a obţinut prin reţinerea ureei în corp cu ajutorul unui segment special al nefronului (coletul), la nivelul căruia au loc procese intense de absorbţie a acestei substanţe.

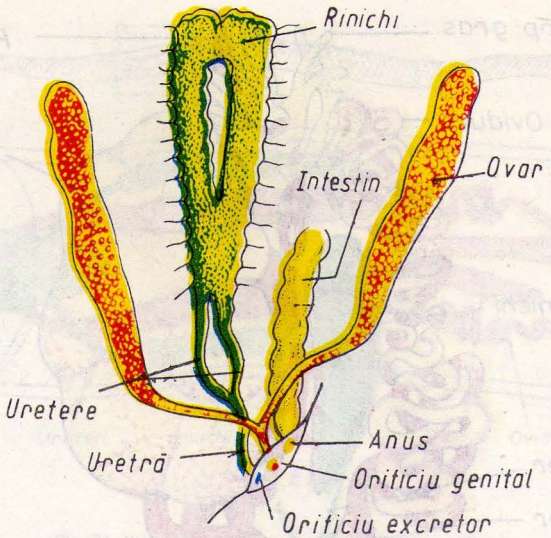


Fig. 79. Sistemele excretor şi reproducător la peşti.

Apariţia şi perfecţionarea la nefronii peştilor osoşi de apă dulce a unui glomeru renal, capabil să îndepărteze prin filtrare excesul de apă, au reprezentat o etapă în evo luţia acestora. Peştii osoşi dulcicoli elimină o cantitate mare de urină hipotonică faţă de mediul lor intern.

Pătrunderea unor peşti osoşi în mare nu a modificat mediul intern al acestora, menţinându-l hipoosmotic faţă de cel marin. Aceasta s-a realizat prin reţinerea apei în corp. Modificările adaptative structurale ale nefronului au constat în reducerea sau dis pariţia glomerulului, la nivelul căruia, prin filtrare, s-ar fi eliminat multă apă.

Sistemul excretor al **amfibienilor** este reprezentat printr-un pronefros (rinichi exclusiv larvar) şi mezonefros, la organismul adult (fig. 80).

Rinichii sunt în număr de doi, au culoare brun-roşcată, iar forma lor este in fluenţată de forma corpului; astfel, rinichiul este alungit la urodele şi scurt la anure.

La cei mai mulţi amfibieni, ureterele (canalul Wolff) servesc atât la evacuarea urinei cât şi a elementelor sexuale, în special la mascul. Ele se deschid în cloacă. Din cloacă urina este împinsă într-un rezervor foarte extensibil, vezica urinară.

La **reptilele** adulte, rinichiul este de tip *metanefros,* în timp ce la embrioni există pro- şi mezonefrosul.

Rinichii, în număr de doi, sunt de formă variabilă: globuloşi la chelonieni, oval la lacertilieni şi alungiţi la ofidieni (fig. 81). Suprafaţa lor prezintă şanţuri superficiale care delimitează lobi.

Metanefrosul conţine nefroni asemănători la toate grupele de reptile.

Ureterele se deschid în cloacă; tot în aceasta se mai deschide şi vezica urinară.

Ca şi la păsări şi mamifere, canalul Wolff devine un canal deferent, care conduce sperma, iar la femele se atrofiază sau dispare.

Din punct de vedere funcţional, rinichii cu glomeruli bine dezvoltaţi de la croco dili şi broaşte. ţestoase elimină o cantitate mare de urină, hipotonică faţă de mediul intern. La şopârlele şi şerpii care trăiesc în medii aride, glomerulul este mai slab dez voltat şi elimină o urină semisolidă sau chiar solidă, foarte bogată în acid uric.

Pentru economisirea apei, reptilele au şi capacitatea de a absorbi apa prin pereţii cavităţii cloacale.

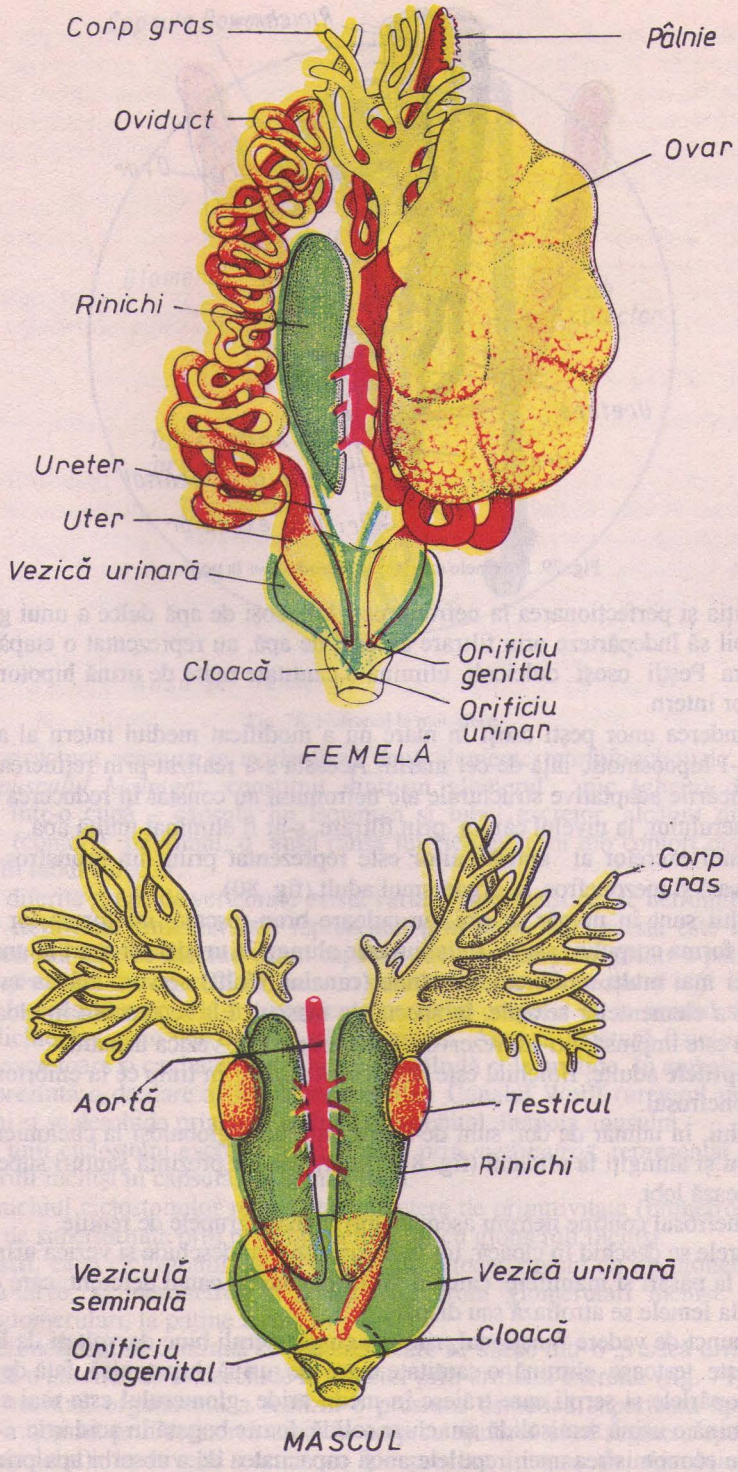


Fig. 80. Sistemele excretor şi reproducător la amfibieni.

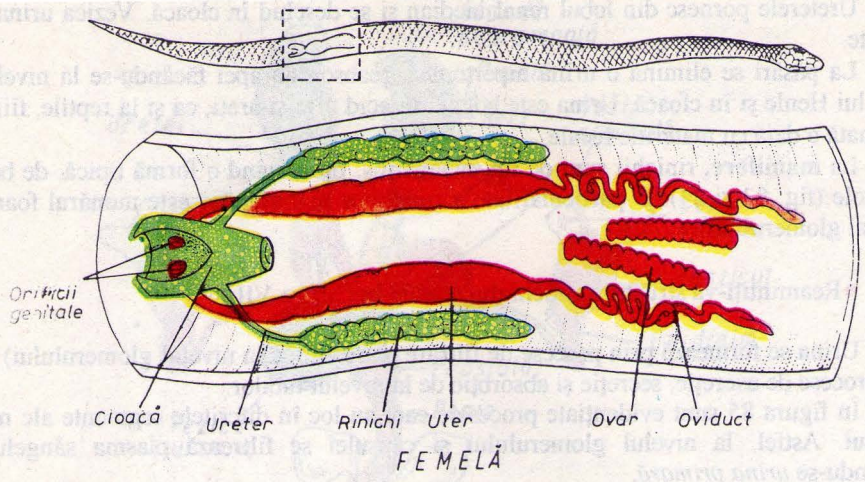


Fig. 81. Sistemele excretor şi reproducător la reptile.

Rinichii **păsărilor,** de tip metanefros, sunt voluminoşi, formaţi din 3 lobi (fig. 82). Dezvoltarea nefronilor este strâns legată de metabolismul ridicat şi de temperatura constantă a corpului. Nefronii sunt de tip glomerular închişi, ca la mamifere; se aseamănă şi cu cei de la reptile, dar se conturează ansa Henle. La păsări, vascularizaţia rinichiului, spre deosebire de celelalte clase de vertebrate învăţate până acum, este mult mai puternică.

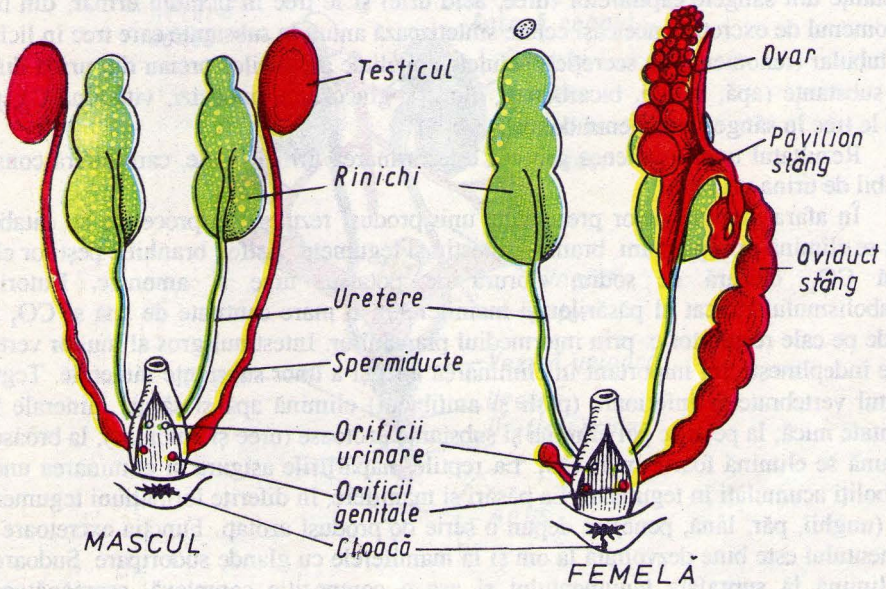


Fig. 82. Sistemele excretor şi reproducător la păsări.

Ureterele pornesc din lobul renal median şi se deschid în cloacă. Vezica urinară lipseşte.

La păsări se elimină o urină hipertonică, reabsorbţia apei făcându-se la nivelul ansei lui Henle şi în cloacă. Urina este bogată în acid uric şi uraţi, ca şi la reptile, fiind eliminată o dată cu materiile fecale.

La **mamifere,** rinichii sunt de tip metanefros, prezentând o formă tipică, de bob de fasole (fig. 83 şi 84). O particularitate a rinichilor mamiferelor este numărul foarte mare al glomerulilor.

• Reamintiţi-vă structura rinichiului studiat în clasa a VII-a!

Urina se formează prin procese de filtrare (care au loc la nivelul glomerulului) şi prin procese de excreţie, secreţie şi absorbţie de la nivelul tubilor.

În figura 85 sunt evidenţiate procesele care au loc în diferitele segmente ale nefronului. Astfel, la nivelul glomerulului şi capsulei se filtrează plasma sângelui, formându-se *urina primară.*

• Din plasmă se filtrează apa, substanţele minerale, substanţele organice cu moleculă mică (glucoză, unii aminoacizi, vitamine, uree etc.). Nu se filtrează substanţele proteice care au molecule mari şi elemente figurate ale sângelui.

La baza mecanismului de filtrare stau mai mulţi factori dintre care presiunea sângelui din vasul care pătrunde în capsulă şi capilarele din glomerul. La acest nivel, presiunea sângelui este mai ridicată în comparaţie cu nivelul presiunii din interiorul capsulei.

Urina primară, astfel formată, străbate tubul urinifer. La acest nivel se desfăşoară mai multe procese fiziologice, şi anume: celulele din peretele tubului preiau anumite substanţe din sângele capilarelor (uree, acid uric) şi le trec în lichidul urinar, din tub (fenomenul de excreţie); aceleaşi celule sintetizează anumite substanţe care trec în lichidul tubular (fenomenul de secreţie); celulele epiteliale ale tubilor preiau din urină diferite substanţe (apă, sulfaţi, bicarbonaţi, cloruri, glucoză, aminoacizi, vitamină C), pe care le trec în sânge (fenomenul de reabsorbţie).

Rezultatul unor asemenea procese este formarea urinei finale, care diferă considerabil de urina primară.

În afara mecanismelor prezentate, unii produşi rezultaţi în procesele de catabolism se elimină prin plămâni, branhii, intestin şi tegument. Astfel, branhiile peştilor elimină CO_2, clorură de sodiu, clorură de potasiu, uree şi amoniac. Datorită metabolismului ridicat al păsărilor şi mamiferelor, o mare cantitate de apă şi CO_2 se pierde pe cale respiratorie, prin intermediul plămânilor. Intestinul gros al multor vertebrate îndeplineşte rol important în eliminarea apei şi a unor substanţe minerale. Tegumentul vertebratelor inferioare (peşti şi amfibieni) elimină apă şi săruri minerale în cantitate mică; la peşti se pot elimina şi substanţe azotoase (uree şi amoniac); la broasca comună se elimină foarte mult CO_2. La reptile, năpârlirile asigură şi eliminarea unor cataboliţi acumulaţi în tegument. La păsări şi mamifere, în diferite formaţiuni tegumentare (unghii, păr, lână, pene) se depun o serie de produşi azotaţi. Funcţia excretoare a teumentului este bine dezvoltată la om şi la mamiferele cu glande sudoripare. Sudoarea se elimină la suprafaţa tegumentului şi are o compoziţie complexă, asemănătoare urinei.

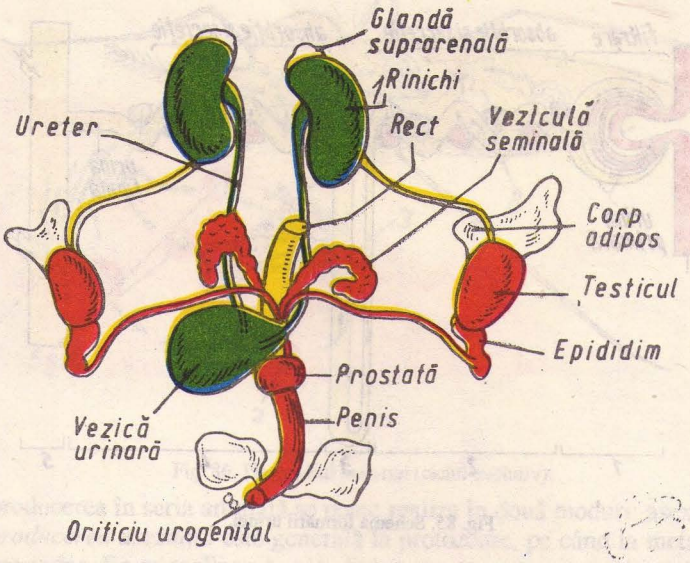


Fig. 83. Sistemele excretor şi reproducător la mamifere (mascul).

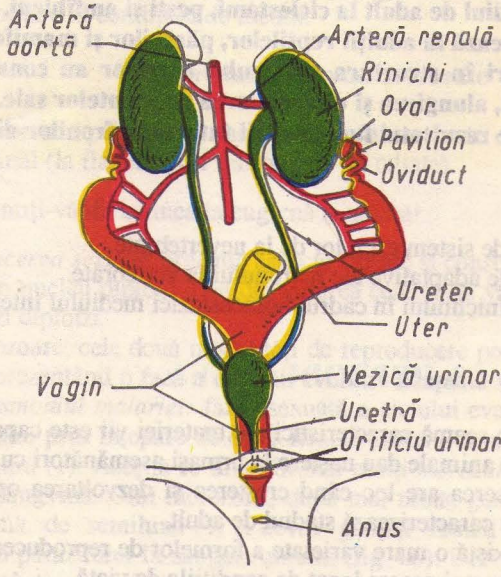


Fig. 84. Sistemele excretor şi reproducător la mamifere (femelă).

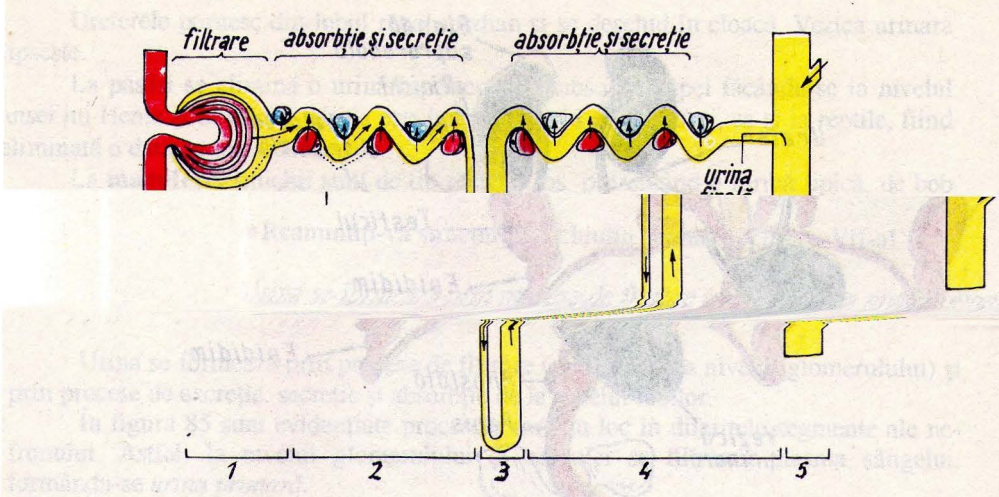


Fig. 85. Schema formării urinei.

TEME

– Denumiți tipurile de sistem excretor de la nevertebrate.
– Arătați modificările adaptative ale nefronului la vertebrate.
– Menționați rolul rinichiului în cadrul homeostaziei mediului intern.

3. REPRODUCEREA

Una din cele mai de seamă caracteristici ale materiei vii este capacitatea ei de a se reproduce. Organismele animale dau naștere la urmași asemănători cu părinții.

De regulă, reproducerea are loc când creșterea și dezvoltarea organismului au atins un anumit nivel, care caracterizează stadiul de adult.

În lumea animală există o mare varietate a formelor de reproducere, ca urmare a perfecționării continue a acestui proces legat de condițiile de viață.

Reproducerea indivizilor biologici asigură perpetuarea speciei, viața acesteia având o durată considerabil mai mare decât a individului.

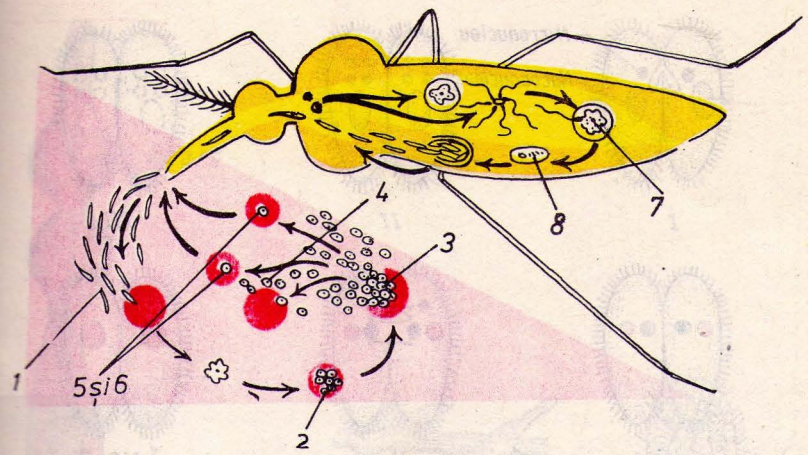


Fig. 86. Plasmodiul malariei (ciclul evolutiv).

Reproducerea în seria animală se poate realiza în două moduri: asexuat şi sexuat.

Reproducerea asexuată este generală la protozoare, pe când la metazoare este un fenomen secundar. Ea se realizează prin diviziunea (separarea) unei celule în două sau mai multe celule la protozoare sau prin desprinderea din organismele parentale (părinţi) a unor părţi din care se constituie noi indivizi.

Majoritatea organismelor se reproduc în exclusivitate sexuat; aceasta implică formarea elementelor sexuale – gameţii haploizi – contopirea acestora (fecundaţia) şi apoi formarea celulei-ou (zigotul diploid). Din zigot, în urma proceselor de diviziune, creştere şi diferenţiere, se formează noul organism.

Anumite organisme se reproduc asexuat, sexuat, sau alternează forma de reproducere asexuată (care duce la creşterea rapidă a numărului de indivizi) cu forme de reproducere sexuată. Prin reproducere sexuată, organismele capătă o vitalitate sporită şi o mai bună adaptare la condiţiile de mediu.

Reproducerea la nevertebrate

La protozoare principalul mod de reproducere este *asexuat,* cu planul de diviziune longitudinal (la flagelate) şi transversal (la ciliate).

- Reamintiţi-vă diviziunea la euglenă şi amibă!

Reproducerea sexuată prezintă aspecte variate şi constă în unirea celor doi nuclei haploizi într-un nucleu diploid. Din dezvoltarea celulei-ou va rezulta un individ sau un grup de indivizi diploizi.

La sporozoare, cele două modalităţi de reproducere pot alterna, cea sexuată fiind obligatorie, reprezentând o fază a ciclului evolutiv adaptată vieţii parazitare. Iată ciclul evolutiv la *plasmodiul malariei:* faza asexuată a ciclului evolutiv începe cu inocularea în sângele omului prin înţepare de către femela ţânţarului anofel, a sporozoizilor aflaţi în glanda salivară (1). Aceştia se divid în mai mulţi *merozoizi* (2) care ies din hematie (3) în plasma sangvină. Unii merozoizi, după mai multe generaţii de dezvoltare în hematii, iau forma de semilună (4) şi devin gameţi femeli (5) şi masculi (6). Aici se opreşte evoluţia parazitului în sângele omului (fig. 86). Dezvoltarea se continuă în corpul femelei de ţânţar care, înţepând omul pentru a se hrăni, o dată cu sângele supt ia şi hematii parazitate. În intestinul ţânţarului începe faza sexuată; prin unirea celor doi

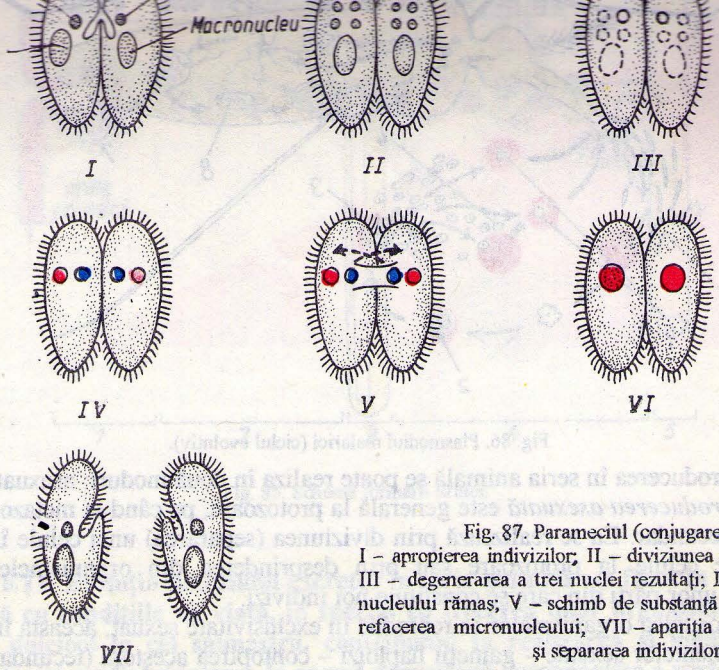


Fig. 87. Parameciul (conjugarea):
I – apropierea indivizilor; II – diviziunea micronucleilor; III – degenerarea a trei nuclei rezultaţi; IV – diviziunea nucleului rămaş; V – schimb de substanţă nucleară; VI – refacerea micronucleului; VII – apariţia macronucleului şi separarea indivizilor.

gameţi rezultă zigotul mobil (7), care se fixează în epiteliul intestinal şi se închistează (8). Acesta continuă să crească, suferă diviziuni indirecte repetate, rezultând sporozoizii care ajung în glanda salivară a ţânţarului.

La ciliate, reproducerea sexuată apare sub forma procesului de conjugare, care constă dintr-un schimb de substanţă nucleară între cei doi parteneri asemănători morfologic (fig. 87).

Spongierii se înmulţesc asexuat şi sexuat: asexuat prin înmugurire, când pe corpul organismului parental apar muguri externi (mase de celule). Mugurii se strangulează la bază, iar la locul rupturii se formează un oscul, animalul fixându-se cu polul opus. Alţi spongieri *(Spongilla)* prezintă muguri interni sau de rezistenţă numiţi gemule. Acestea se formează toamna, înainte ca spongierul să moară. Primăvara, gemulele germinează, transformându-se în adevăraţi spongieri.

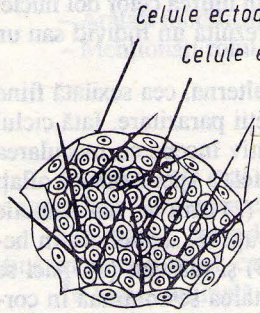


Fig. 88. Parenchimula.

Spongierii sunt organisme hermafrodite, dar şi cu sexe separate. Celulele sexuale, spermatozoizii flagelaţi şi ovulele, iau naştere în oricare regiune a corpului. Fecundaţia este indirectă: spermatozoidul este transportat de o celulă cărăuş – un coanocit modificat – spre ovul, cu care se contopeşte, formând celula-ou.

Dezvoltarea embrionară cuprinde mai multe etape în corpul matern, ultimul stadiu fiind larva numită *parenchimulă*, care va da naştere la un individ adult (fig. 88).

Celenteratele, organisme în majoritate hermafrodite, au organe de reproducere

Fig. 89. Hidra de apă dulce (organe de reproducere).

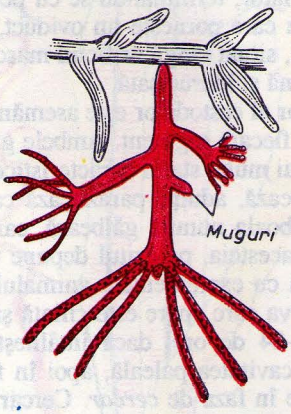


Fig. 90. Înmugurirea hidrei.

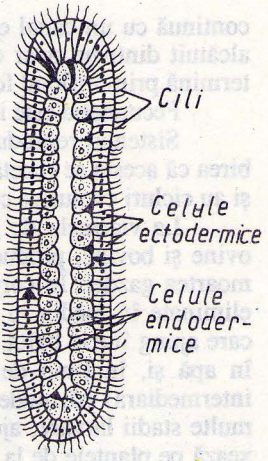


Fig. 91. Planulă.

reprezentate prin gonade – testicule şi ovare – în care se formează elementele sexuale, spermatozoizi şi ovule (fig. 89).

Acestea sunt eliminate în apă prin orificiul buco-anal.

Înmulţirea se face asexuat şi sexuat. Asexuat, prin diviziune la hidră şi unele meduze, dar modul cel mai comun este înmugurirea (fig. 90).

Hidrele sunt hermafrodite; în condiţii nefavorabile, spermatozoizii se formează înaintea ovulelor, iar fecundarea acestora se face cu spermatozoizi de la alt individ. Acest proces se numeşte fecundare încrucişată. La meduză, sexele sunt separate. Fecundaţia este externă, în mediul acvatic; din zigot rezultă o larvă ciliată numită *planulă* (fig. 91), care se transformă în alte stadii, până ajunge din nou la forma de meduză.

Sistemul reproducător al **platelminţilor** se remarcă printr-un hermafroditism aproape constant. La turbelariate, organul genital mascul este alcătuit din mai mulţi foliculi testiculari, iar cel femel, din două ovare. Orificiul genital comun este situat înapoia orificiului bucal. Fecundaţia este internă şi încrucişată, ceea ce înseamnă că fecundarea ovulelor unui individ se face cu spermatozoizii proveniţi de la alt individ. Oul este eliminat prin orificiul genital comun. Dezvoltarea embrionară este directă. Turbelariatele se înmulţesc şi pe cale asexuată prin regenerare (fig. 92).

La trematode *(Fasciola),* sistemul reproducător mascul este format dintr-o pereche de testicule de la care pornesc două canale deferente, care se unesc într-un conduct comun ce pătrunde într-o vezică seminală (rezervor pentru spermă); aceasta se

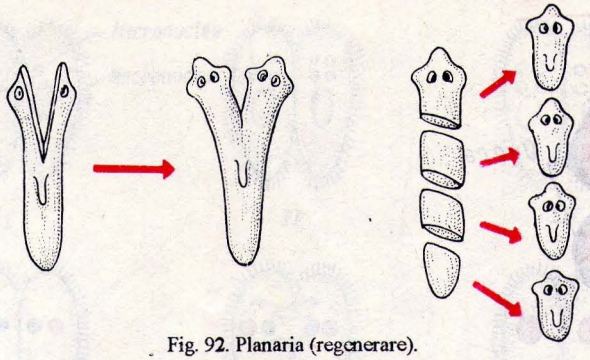


Fig. 92. Planaria (regenerare).

continuă cu un canal ejaculator, terminându-se cu penisul. Sistemul genital femel este alcătuit dintr-un ovar de la care porneşte un oviduct, care se continuă cu uterul ce se termină prin orificiul femel, situat lângă orificiul mascul.

Fecundaţia este internă şi încrucişată.

Sistemul reproducător al cestodelor este asemănător cu al trematodelor, cu deosebirea că acesta se repetă în fiecare segment. Ambele grupe sunt parazite şi hermafrodite şi au cicluri evolutive cu mai multe stadii caracteristice.

La viermele de gălbează, adulţii parazitează canalele biliare ale ficatului de la ovine şi bovine, producând boala numită gălbează, care duce la degradarea ficatului şi moartea gazdei. În corpul acesteia, parazitul depune un număr mare de ouă care sunt eliminate în mediu, o dată cu excrementele animalului. Se vor dezvolta numai ouăle care ajung într-o baltă. Larva care apare este ciliată şi se numeşte *miracidiu;* ea înoată în apă şi, în timp de 20–24 de ore, dacă întâlneşte o moluscă *(Limnaea* – gazdă intermediară) pătrunde în cavitatea paleală, apoi în ficat sau gonade. Aici, după mai multe stadii larvare, ajunge în faza de *cercar.* Cercarii părăsesc melcul gazdă şi se fixează pe plantele de la marginea bălţii, unde se închistează, transformându-se în *metacercari.* Aceştia pot fi înghiţiţi de gazda definitivă, ajung în pereţii intestinului şi, prin intermediul sângelui, în ficat unde se transformă în viermi adulţi.

Ştiţi că t e n i i l e au un număr foarte mare de *proglote,* în care se găsesc peste 80 000 ouă. Mai multe proglote sunt eliminate o dată cu excrementele gazdei (omul) şi sunt înghiţite de către alt animal, care constituie gazda intermediară a teniei. Din ou rezultă larva *hexacantă,* care se fixează cu cârligele, de obicei, în muşchii gazdei, unde se închistează *(cisticerc).* În momentul în care carnea animalului este consumată (insuficient fiartă sau friptă), cisticercii ajung în intestinul gazdei definitive, unde se prind cu ventuzele de mucoasa acestuia. Aici încep să formeze proglote, transformându-se în tenii adulte.

Nematelminţii au sexe separate, rar sunt hermafroditi. La nematode se întâlneşte şi fenomenul de *partenogeneză* – formă de reproducere la care noii indivizi iau naştere din ovule nefecundate.

La limbric sexele sunt separate şi se constată un dimorfism sexual accentuat, femela fiind mult mai mare decât masculul. La acesta există un testicul, continuat cu un canal deferent, veziculă seminală, şi orificiul cloacal, prin care ies doi spiculi copulatori (fig. 93).

Organele sexuale femele sunt formate din două ovare, oviducte lungi, două uter drepte, care se unesc într-un vagin ce se deschide în orificiul genital femel. Ovulele sunt fecundate în uter. Larvele care rezultă din ouă au toate structurile adultului, cu excepţia sistemului reproducător.

Sistemul reproducător al **anelidelor** este alcătuit, la majoritatea reprezentanţilor, din gonade şi conducte genitale prin care sunt eliminaţi produşii sexuali.

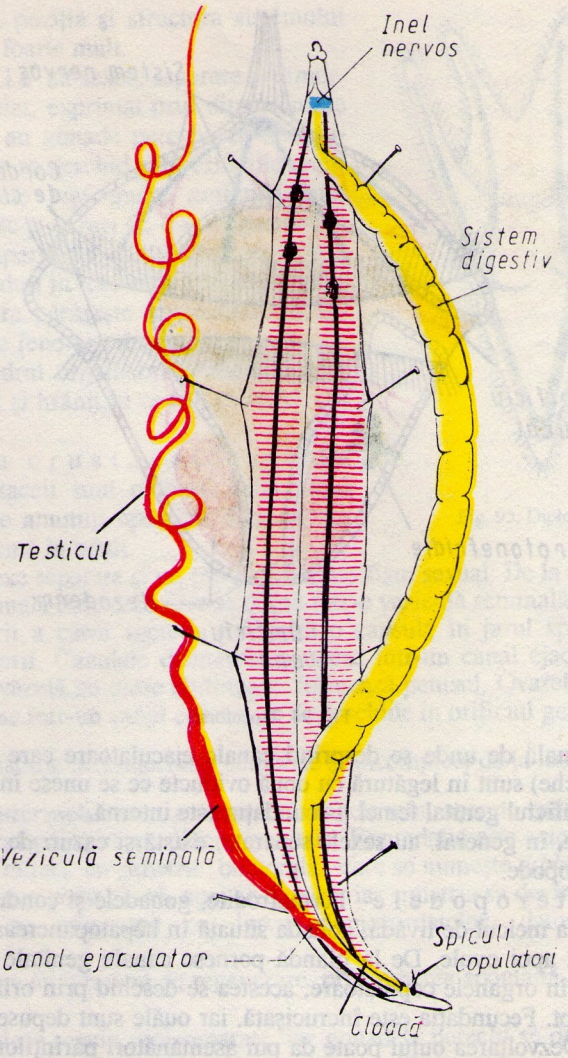


Fig. 93. Sistemele: nervos, digestiv şi reproducător la limbricul mascul.

Cele mai multe **polichete** au sexe separate. La *Nereis*, elementele sexuale sunt expulzate în apă prin ruperea tegumentului în momentul apropierii celor două sexe, apoi animalele mor. Fecundaţia este externă, iar din ou se dezvoltă o larvă numită *trocoforă* (fig. 94). Această larvă este prevăzută cu două cordoane de cili, protonefridii şi sistem nervos radiar.

Oligochetele sunt hermafrodite, gonadele fiind situate în segmentele anterioare ale corpului. De la cele două testicule pornesc canale care se deschid prin două orificii pe laturile corpului. Ovarele sunt în număr de două; de la ele pornesc oviducte scurte care se deschid lângă orificiile mascule.

Deşi sunt hermafroditi, indivizii fac schimb de gameţi: doi indivizi se alătură prin extremităţile anterioare.

Fecundaţia este internă.

Hirudineele sunt hermafrodite; organul genital mascul este alcătuit din mai multe perechi de testicule care se deschid în canalul deferent, ce se dilată, formând

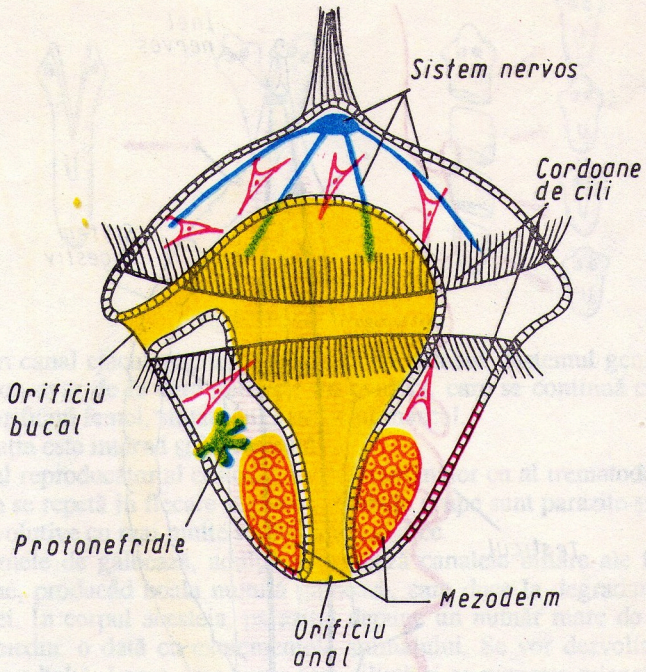


Fig. 94. Trocofora.

o vezicula seminală de unde se desprind canale ejaculatoare care se unesc în penis. Ovarele (o pereche) sunt în legătură cu două oviducte ce se unesc într-un vagin care se deschide prin orificiul genital femel. Fecundaţia este internă.

Moluştele, în general, au sexele separate; există şi cazuri de hermafroditism, în special la gasteropode.

La g a s t e r o p o d e l e hermafrodite, gonadele şi conductele genitale sunt impare. Astfel, la melcul de livadă, gonada situată în hepatopancreas produce mai întâi spermatozoizi şi apoi ovule. De la glandă pornesc canale genitale mascule şi femele care se termină în organele copulatoare; acestea se deschid prin orificiul situat la baza tentaculului drept. Fecundaţia este încrucişată, iar ouăle sunt depuse în solul umed sau pe sub crengi. Dezvoltarea oului poate da pui asemănători părinţilor sau o larvă de tip trocoforă.

Unele specii de melci, ca *Viviparus,* nasc pui vii.

L a m e l i b r a n h i a t e l e au sexele separate sau sunt hermafrodite. La scoica de râu, sexele sunt separate; gonadele perechi se găsesc înglobate în picior sau manta, conductele lor deschizându-se în cavitatea paleală.

Fecundaţia are loc în cavitatea branhială; larvele rămân circa două luni pe branhiile mamei, apoi se desprind şi se fixează pe pielea sau branhiile peştilor, unde se închistează timp de 3–10 săptămâni. Din chist iese o scoică mică ce se fixează în mâl cu ajutorul piciorului.

La alte specii de scoici, fecundaţia poate avea loc în apă (fecundaţie externă).

La c e f a l o p o d e – organisme cu sexe separate –, ovarul elaborează ovule care ajung în oviduct ce se deschide printr-un orificiu în cavitatea paleală. La mascul, în vezicula seminală se dechide glanda numită prostată. Al patrulea braţ bucal stâng – lipsit de ventuze – funcţionează ca organ copulator. Acesta pătrunde în cavitatea paleală a femelei, depunând spermatoforii. Dezvoltarea ouălor este directă, fără stadiul de larvă.

La **artropode,** poziția și structura sistemului reproducător variază foarte mult.

A r a h n i d e l e au sexele separate și dimorfismul sexual accentuat, exprimat prin dimensiunile corpului și culoare; au gonade pereche cu spermiducte și oviducte care se deschid prin orificiile genitale la exterior. Cele mai multe arahnide sunt ovipare, dar se cunosc și cazuri de ovoviviparitate și viviparitate. Ovoviviparitatea se caracterizează prin aceea că oul este găzduit în interiorul corpului, iar la ecloziune, progenitura părăsește organismul parental. Viviparitatea este fenomenul nașterii de pui care s-au dezvoltat în cadrul organismului matern, embrionul fiind găzduit și hrănit în cadrul ovarului sau uterului.

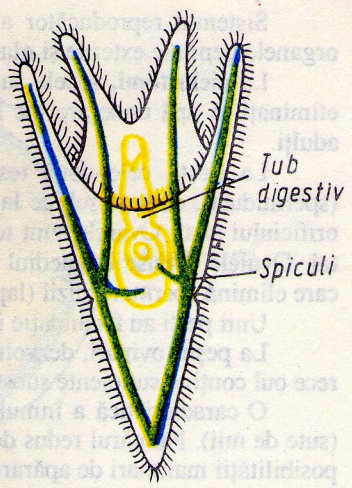


Fig. 95. Dipleurula.

La majoritatea c r u s t a c e i l o r, sexele sunt separate. Crustaceii sunt ovipari, ouăle fiind purtate de femelă pe anumiți apendici. Din ele ies larve care se transformă în adult.

I n s e c t e l e au sexe separate și un pronunțat dimorfism sexual. De la cele două testicule pornesc două canale deferente care se dilată într-o veziculă seminală în care se deschid glande accesorii a căror secreție formează o capsulă în jurul spermatozoizilor, alcătuind spermatoforii. Canalele deferente se unesc într-un canal ejaculator, a cărui parte terminală, prevăzută cu piese chitinoase, formează penisul. Ovarele se deschid în oviducte care se unesc într-un canal comun, ce se deschide în orificiul genital femel.

- Prezentați stadiile metamorfozei complete și incomplete de la insecte!

Sexele **echinodermelor** sunt separate. Gonadele sunt așezate radiar, iar conductele lor se deschid independent pe plăcile genitale. Fecundația este externă, iar din ou se dezvoltă o larvă ciliată, cu simetrie bilaterală, care se numește *dipleurulă* (fig. 95). În primele stadii duce o viață liberă, apoi se fixează, iar simetria sa devine radiară, ca la adult. Dipleurula se aseamănă cu larva stomocordatelor, datorită celomului tricompartimentat.

Stelele de mare au o putere de regenerare, prin ruperea spontană a unor părți ale corpului.

La **stomacordate** sexele sunt separate, iar gonadele perechi se deschid independent la suprafața corpului. Fecundația are loc în apă, iar dezvoltarea postembrionară este directă sau indirectă, cu o larvă ciliată și mobilă care evoluează în adult.

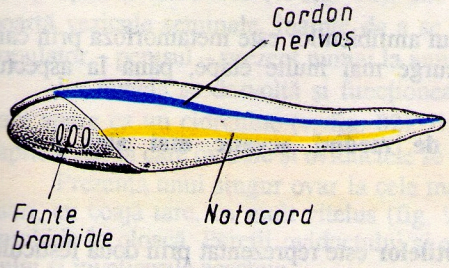


Fig. 96. Larva ascidiei.

Reproducerea la cordate

La **urocordate,** organisme hermafrodite, din ou se dezvoltă larva liberă care are coadă, în care se află notocordul. Larva prezintă anterior, o veziculă cerebrală primitivă, care se continuă cu tubul neural. Notocordul și tubul neural regresează în timpul transformării în adult. Larva mai prezintă un tub digestiv cu fante branhiale, în regiunea faringiană (fig. 96).

Sistemul reproducător al vertebratelor cuprinde gonadele, conductele genitale, organele genitale externe şi glandele anexe.

La **ciclostomi,** sexele sunt separate, iar gonadele impare. Gameţii formaţi sunt eliminaţi în apă unde are loc fecundaţia. Din ouă ies larve care, după 3–4 ani, devin adulţi.

La **peşti,** cele două testicule sunt alungite şi se continuă cu câte un canal (spermiduct), ce se deschide la exterior printr-un orificiu genital comun, situat înapoia orificiului anal. Ovarele sunt tot pereche, iar prin oviducte comunică cu orificiul genital. Ovulele depuse în mediul extern („depunerea icrelor") sunt fecundate de masculi care elimină spermatozoizii (lapţii).

Unii peşti au fecundaţie internă.

La peştii ovipari, dezvoltarea se desfăşoară în afara organismului parental, deoarece oul conţine suficiente substanţe nutritive. Din ou ies larvele sau puii.

O caracteristică a înmulţirii peştilor o constituie numărul foarte mare de ovule (sute de mii). Numărul redus de icre de la unele specii (la ghidrin circa 80) se datoreşte posibilităţii mai mari de apărare a acestora, ele fiind depuse în cuib.

La speciile cu fecundaţie internă (rechin, peşti exotici), dezvoltarea embrionară se face în interiorul corpului (gură, pliuri tegumentare); sunt ovovivipare.

Alte specii de peşti (exotici) nasc pui care s-au dezvoltat în organismul matern (vivipare); în această situaţie, embrionul este adăpostit şi hrănit în ovar.

O caracteristică a peştilor în perioada de reproducere este accentuarea dimorfismului sexual.

● Pentru observarea sistemului reproducător la **amfibieni,** efectuaţi o disecţie la broască (fig. 80). Dacă individul este o femelă, se observă două ovare voluminoase cu aspect de saci, având pereţi subţiri şi transparenţi. Prin transparenţa lor se văd ovulele cenuşii sau pigmentate.

● Detaşaţi cu grijă tubul digestiv şi, dacă animalul este mascul, observaţi testiculele de formă ovală care, la partea superioară, prezintă corpii graşi ce conţin substanţe de rezervă folosite la formarea spermatozoizilor.

Spermatozoizii sunt evacuaţi prin mai multe canalicule care pleacă de la testicule şi străbat rinichii până la uretere, de unde ajung în cloacă, iar de aici, prin orificiul cloacal, la exterior.

Prin urmare, la amfibienii masculi, ureterele servesc pentru eliminarea spermei şi urinei.

Din ovar, ovulele trec în cavitatea generală a corpului şi de aici în pâlnia oviductelor, apoi în oviducte, iar din acestea în utere, care se deschid în cloacă.

Fecundaţia la amfibieni este externă, în apă, dar poate fi şi internă. La anure, sexele se împerechează; peste ovulele eliminate de femelă, masculul depune lichidul spermatic.

Ceea ce caracterizează dezvoltarea oului amfibienilor este metamorfoza prin care trece larva numită *mormoloc.* Acesta parcurge mai multe etape, până la aspectul adultului.

REŢINEŢI! Amfibienii sunt legaţi de mediul acvatic mai ales prin reproducere.

Sistemul reproducător la masculul **reptilelor** este reprezentat prin două testicule, de la care pornesc două canale deferente care se deschid în cloacă.

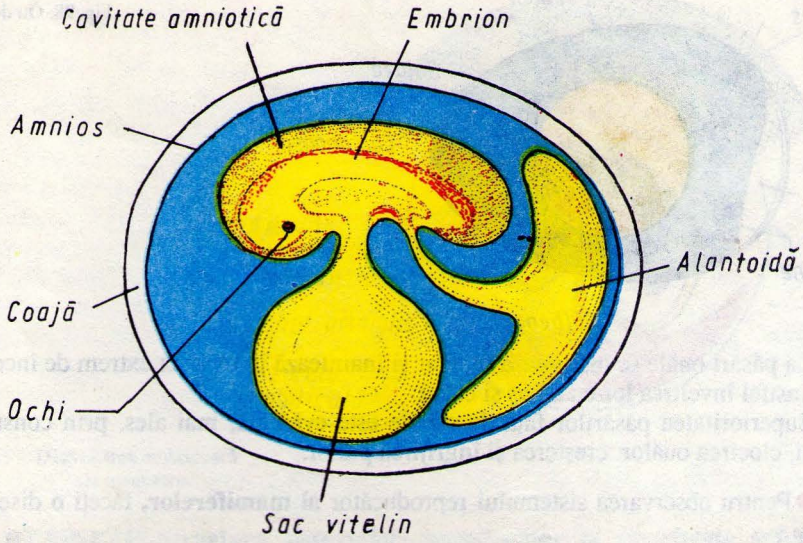


Fig. 97. Ou de reptilă.

La femelă există două ovare, iar oviductele se deschid cu un capăt în cavitatea generală a corpului printr-o pâlnie aflată lângă ovar. Pereţii oviductelor elaborează o substanţă – *ovalbumina,* ce intră în compoziţia chimică a albuşului din ou. Terminal, oviductele se dilată într-un uter, în peretele căruia se găsesc glande ce secretă coaja oului. Uterul se continuă cu un vagin care se deschide în cloacă prin orificii separate de ale ureterelor (fig. 81).

Fecundaţia la reptile este internă. Cele mai multe sunt ovipare: femela depune ouăle pe pământ sau în nisip. Acestea sunt clocite cu ajutorul căldurii solare. Ouăle sunt mari, au mult vitelus şi sunt acoperite de „o coajă" pergamentoasă sau calcaroasă (fig. 97).

În cursul dezvoltării embrionare apar şi anexele embrionare, reprezentate prin *sacul vitelin* (o răsfrângere a ectodermului sub forma unei pungi pline cu lichid, cu rol în apărarea embrionului de şocuri mecanice şi hrănire) şi *alantoida,* cu rol respirator şi excretor. Din ou ies pui, care seamănă cu adulţii.

Există şi reptile ovovivipare (unele vipere), la care dezvoltarea oului se face în oviduct, iar puii sunt eliminaţi la exterior. Cea mai mare perfecţionare au atins-o unele specii de şopârle vivipare, la care embrionii se fixează de peretele oviductului printr-un fel de „placentă".

Sistemul reproducător la masculii **păsărilor** prezintă două testicule ovoide situate în apropierea rinichilor (v. fig. 82). Ele se continuă cu două canale deferente care poartă vezicule seminale, înainte de a se deschide în cloacă. Aceasta conţine organul copulator – penisul – prezent numai la anumite specii (raţe, gâşte).

La femelă se dezvoltă şi funcţionează un singur ovar, cel de pe partea stângă, care apare ca un ciorchine (v. fig. 82). Excepţie fac unele specii de păsări ca lişiţa şi răpitoarele, la care ovarele şi oviductele se dezvoltă în mod egal.

Prezenţa unui singur ovar la cele mai multe păsări se datoreşte depunerii de ouă mari, cu coajă tare, cu mult vitelus (fig. 98). Oviductul se continuă cu uterul, care se deschide în cloacă. Pereţii oviductului şi ai uterului conţin glande care secretă albuşul oului şi învelişurile acestuia.

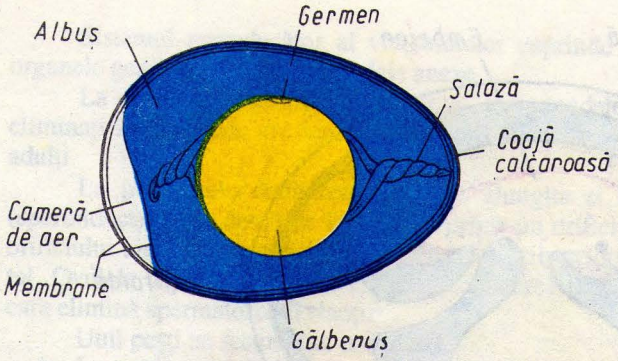


Fig. 98. Ou de pasăre.

La păsări ouăle se maturează în ovar și înaintează în oviduct extrem de încet, asigurând astfel învelirea lor cu albuș și coajă.

Superioritatea păsărilor față de reptile este evidentă, mai ales, prin construirea cuibului, clocirea ouălor, creșterea și îngrijirea puilor.

● Pentru observarea sistemului reproducător al **mamiferelor,** faceți o disecție la un cobai.

● Fixați animalul, anesteziat, pe planșetă, cu fața ventrală în sus; la mascul se observă orificiul urogenital care se deschide în penis. La femelă orificiul genital este situat între orificiul urinar și anus.

La mascul, prin secționarea scrotului(pungă tegumentară), se evidențiază două testicule de formă ovală. De la fiecare testicul pornește câte un canal deferent. Partea terminală se numește canal ejaculator. Cele două canale ejaculatoare se deschid în uretră, care străbate penisul. În căile genitale ale masculului se deschid canalele mai multor glande: veziculele seminale, prostata și glanda bulbo-uretrală.

La femelă, în vecinătatea rinichilor puteți observa cu ajutorul lupei două ovare mici. Oviductele se deschid cu capătul anterior, ca o pâlnie, în apropierea ovarelor, iar posterior, în uter. În continuarea uterului se găsește vaginul.

La toate mamiferele fecundația este internă. În funcție de condițiile de mediu, nidația (cuibărirea oului în mucoasa uterină) se produce fie imediat, fie mult mai târziu, chiar la câteva luni după fecundare, în uter (de exemplu, la căprioară). La unele specii de lilieci copulația are loc toamna, iar fecundația, primăvara; în tot acest răstimp, spermatozoizii sunt menținuți în conductele genitale femele.

La unele mamifere domestice, inclusiv la om, procesul reproducerii poate fi dirijat și controlat prin însămânțări artificiale.

În cursul dezvoltării embrionare (fig. 99) mucoasa uterină a celor mai multe mamifere contribuie la formarea *placentei* (organ nou în seria animală) prin intermediul căreia se realizează schimburile de substanțe dintre mamă și embrion (făt).

În timpul nașterii sau la scurt timp după aceasta, placenta este expulzată din corpul mamei.

Nou-născutul este hrănit cu laptele produs de glandele mamare, situate în mamele.

Singurele mamifere care nu nasc pui sunt monotremele; ele depun ouă pe care le clocesc, din care ies puii ce sunt alăptați.

La marsupiale (canguri), dezvoltarea intrauterină este de scurtă durată, din care cauză puii ies din uter incomplet dezvoltați. Până la completa lor dezvoltare, mama îi introduce în marsupiu, în care sunt mameloanele glandelor mamare.

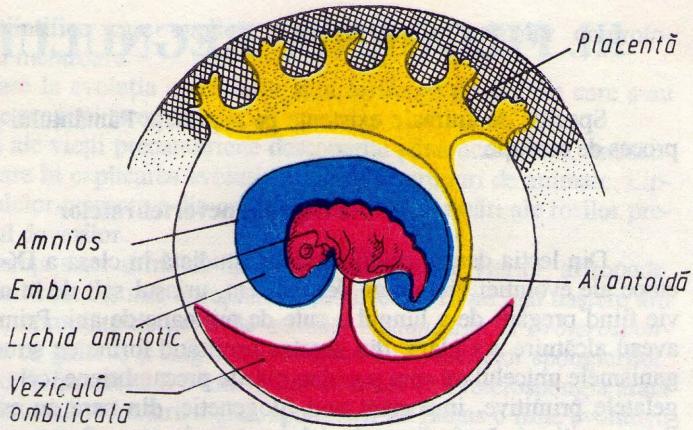


Fig. 99. Dezvoltarea embrionară la mamifere.

ÎNTREBĂRI

– În ce constă superioritatea fecundației interne, comparativ cu fecundația externă?
– Care sunt avantajele reproducerii sexuate în seria animală?

CUPRINS

I. PRINCIPALELE GRUPE DE ANIMALE
Subregnul protozoare 3
Subregnul metazoare 7

II. ANATOMIE ŞI FIZIOLOGIE COMPARATĂ ÎN SERIA ANIMALĂ 19

1. RELAŢIILE ORGANISMELOR ANIMALE CU MEDIUL 19
1.1. Sistemul nervos în seria animală 19
Sistemul nervos al nevertebratelor 19
Sistemul nervos al cordatelor 23
Bazele fiziologice ale comportamentului animal 32

1.2. Organele de simţ în seria animală 34
Chemorecepţia 34
Chemorecepţia la nevertebrate 34
Chemorecepţia la vertebrate 35
Mecanorecepţia 37
Fotorecepţia 41

1.3. Locomoţia în seria animală 45
Locomoţia la nevertebrate 45
Locomoţia la cordate 48

2. FUNCŢIILE DE NUTRIŢIE ÎN SERIA ANIMALĂ 54
2.1. Digestia în seria animală 54
Digestia la nevertebrate 55
Digestia la cordate 58

2.2. Respiraţia în seria animală 65
Respiraţia la nevertebrate 65
Respiraţia la vertebrate 67

2.3. Mediul intern şi circulaţia lichidelor în seria animală 72
Mediul intern al nevertebratelor 73
Mediul intern al vertebratelor 74
Circulaţia lichidelor corpului 75
Circulaţia la nevertebrate 77
Circulaţia sângelui la cordate .....

2.4. Excreția în seria animală 83
Excreția la nevertebrate 83
Excreția la vertebrate 85

3. REPRODUCEREA 92
Reproducerea la nevertebrate 93
Reproducerea la cordate 99

III. FILOGENIA REGNULUI ANIMAL 104

Filogenia nevertebratelor 104
Filogenia cordatelor 107